

پارامسی (×۱۰۰۰)



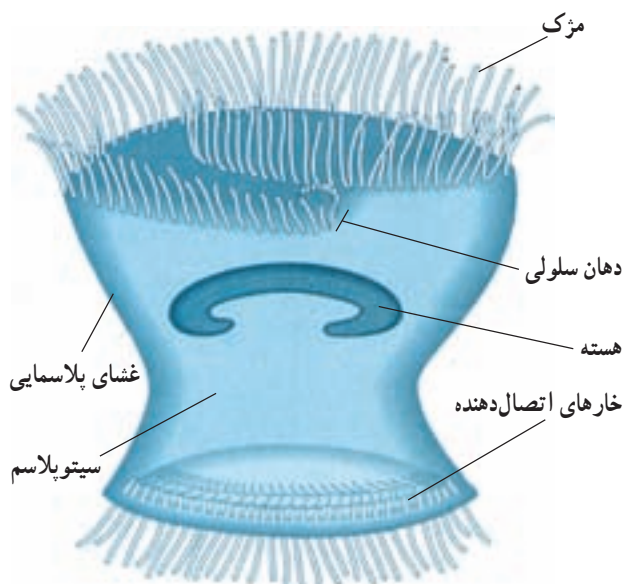
## سفری به درون سلول

متصل می‌کنند. این ویژگی‌ها، یعنی داشتن مژک، دهان سلولی و خارهای اتصال‌دهنده موجب می‌شوند تا این جاندار، سلولی بسیار تخصص یافته باشد.

بدن انسان از اشتراک تعداد زیادی سلول تشکیل شده است. سلول‌های بدن ما تخصصی هستند و هر گروه برحسب وظیفه‌ای که برعهده دارد، شکل و ساختار ویژه‌ای پیدا کرده است. سلول‌های بدن انسان دهان سلولی ندارند، اما بعضی از آنها، مانند سلول‌های پوشاننده لوله‌های تنفسی، همانند تریکودینا مژک دارند. بین تریکودینا و سلول‌های سازنده بدن ما یک همانندی دیگر نیز وجود دارد: هر دو، هسته‌ای محتوی DNA دارند. می‌دانید که برخی ژن‌های موجود در DNA تریکودینا شکل و ویژگی‌های ریخت‌شناختی سلول را تعیین و برخی ژن‌های دیگر با تنظیم تولید پروتئین‌های اختصاصی شکل و کار سلول را اختصاصی می‌کنند.

همه سلول‌ها، از جمله تریکودینا، غشای پلاسمایی دارند. غشای پلاسمایی محتویات سلول را از محیط بیرون جدا می‌کند و درواقع، مرز بین سلول و دنیای خارج از سلول است. این غشا به سلول کمک می‌کند تا مواد مورد نیاز خودش را از محیط اطراف بگیرد و مواد زاید را به محیط دفع کند. غشای پلاسمایی

جانداري تک‌سلولي که در شکل ۱-۲ می‌بینید، تریکودینا نام دارد و آبی‌ری است. این جاندار همانند فرفره روی بدن لغزنده ماهی‌ها حرکت و از باکتری‌ها تغذیه می‌کند.



شکل ۱-۲ - تریکودینا

مژک‌های این تک‌سلولی، با زنش‌های خود، هم باکتری‌ها را به سوی دهان سلولی خود می‌رانند و هم موجب حرکت جاندار می‌شوند. در بخش پایینی شکل، خارهای اتصال‌دهنده را می‌بینید که این خارها جاندار را به تکیه‌گاه خود، یعنی روی بدن ماهی،

سیتوپلاسم را احاطه کرده است.

است تریکودینای زنده یا برشی از بافت جانوری یا گیاهی باشد. میکروسکوپ نوری می تواند تصویر نمونه را تا  $1000\times$  برابر بزرگ کند. بزرگ کردن تصویر یک جسم را بزرگ نمایی می نامند. عکسی که به وسیله میکروسکوپ از نمونه گرفته می شود، ریزنگار نام دارد. اگر تصویری  $100\times$  برابر بزرگ شده باشد، این بزرگ نمایی را به این صورت در کنار آن می نویسیم:  $100\times$  در شکل ۲-۲ ریزنگارهایی از تریکودینا نشان داده شده است. بزرگ نمایی این تصویرها چقدر است؟

بزرگ نمایی، فقط یکی از عوامل مهم در میکروسکوپی است («میکروسکوپی» یعنی استفاده از میکروسکوپ). از عوامل مهم دیگر در این مورد قدرت تفکیک است. قدرت تفکیک عبارت است از توانایی یک ابزار نوری در نشان دادن دو جسم به صورت مجزا از یکدیگر. مثلاً اگر شب هنگام با چشم غیر مسلح به آسمان نگاه کنیم، آنچه به چشم ما یک ستاره می آید، با تلسکوپ ممکن است به صورت دو ستاره نزدیک به هم دیده شود. بنابراین می گوئیم، قدرت تفکیک تلسکوپ بیشتر از قدرت تفکیک چشم انسان است به همین علت هم هست که از آن برای دیدن اجسام دور استفاده می کنیم. توانایی هر ابزار نوری به قدرت تفکیک آن بستگی دارد. مثلاً میکروسکوپ نوری نمی تواند اجسام کوچک تر از  $2/0$  میکرومتر را نشان دهد. بنابراین، با میکروسکوپ نوری هیچ گاه نخواهیم توانست ساختار درونی سلول باکتری را به وضوح مشاهده کنیم.

تا اواسط قرن بیستم، زیست شناسان برای مطالعه سلول، فقط میکروسکوپ نوری در اختیار داشتند که با آن، به اکتشافات ارزشمندی نیز دست یافتند. مثلاً تریکودینا حدود  $200$  سال پیش کشف شد. همچنین، زیست شناسان با میکروسکوپ نوری توانستند بعضی از بخش های درون سلول را نیز کشف کنند.

با اختراع میکروسکوپ الکترونی در دهه  $1950$ ، دانش ما درباره ساختار سلول به طور چشمگیری افزایش یافت. در میکروسکوپ الکترونی به جای نور از الکترون استفاده می شود. قدرت تفکیک میکروسکوپ الکترونی، از قدرت تفکیک میکروسکوپ نوری به مراتب بیشتر است. قوی ترین میکروسکوپ های الکترونی مدرن می توانند اجسام ریزی به اندازه

سیتوپلاسم ماده ای نسبتاً روان (سیال) است که اندامک های مختلفی در آن جای دارند. هسته و هرنوع از اندامک های سیتوپلاسمی وظیفه خاصی برعهده دارند: هسته برای تنظیم فعالیت های سلول تخصص یافته است، مژک ها موجب حرکت سلول یا حرکت مایع در اطراف سلول می شوند. در این فصل ساختار و کار سلول و اندامک های آن را بررسی می کنیم؛ اما پیش از آن لازم است با میکروسکوپ آشنا شویم.

## بدون میکروسکوپ مشاهده اغلب سلول ها و اندامک های آنها ممکن نیست

برای مشاهده اشیا ی ریز، یا جزئیات یک شیء، می توان از ذره بین استفاده کرد. ذره بین های معمولی می توانند تصویر اشیا را تا حدود  $10\times$  برابر بزرگ کنند. بزرگ نمایی این نوع ذره بین ها را به صورت  $10\times$  نمایش می دهیم.

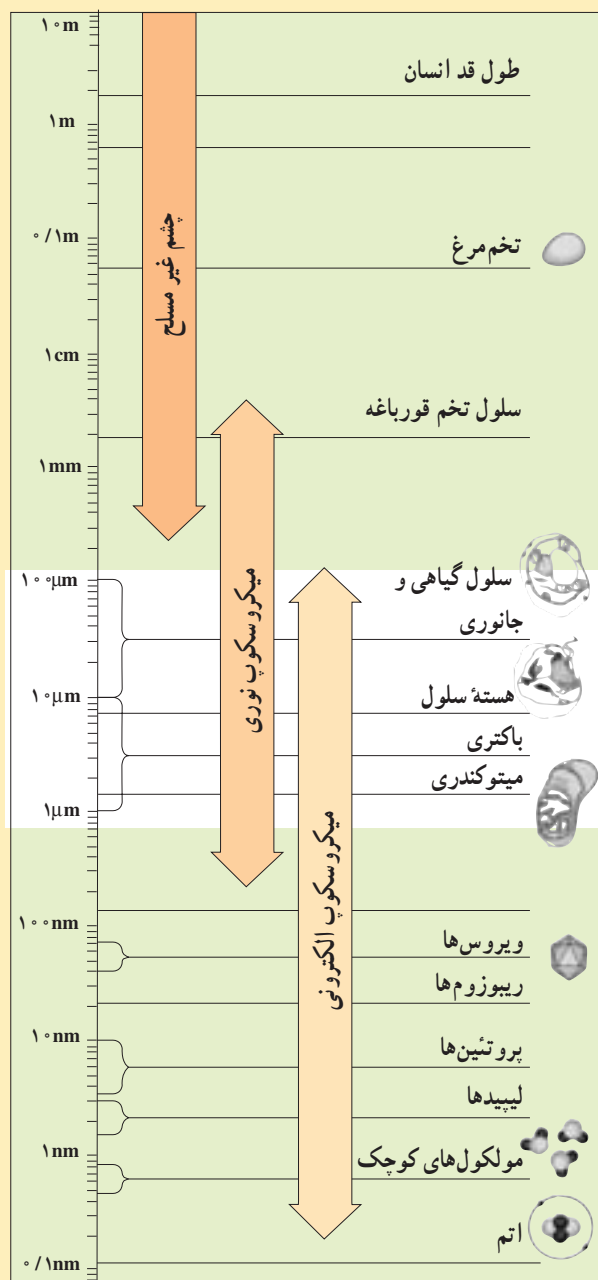
برای دیدن اشیا ی بسیار ریز، که با ذره بین دیده نمی شوند، از میکروسکوپ استفاده می کنیم. میکروسکوپ هایی که در آزمایشگاه های مدارس وجود دارند، از نوع میکروسکوپ نوری هستند (شکل ۴-۲). فعالیت ۱-۲ را با دقت انجام دهید تا با میکروسکوپ و طرز کار با آن بیشتر آشنا شوید. با انجام فعالیت ۲-۲ نیز طریقه به دست آوردن میزان بزرگ نمایی میکروسکوپ را تمرین کنید.

واحد اندازه گیری سلول و اجزای آن میکرومتر (میکرون) است. میکرومتر را با علامت  $\mu\text{m}$  نشان می دهند ( $1\text{mm} = 1000\mu\text{m}$ ).

از زمانی که میکروسکوپ برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت، بیش از  $330$  سال می گذرد. تا قبل از آن هیچ کس نمی دانست که جانداران از سلول ساخته شده اند. اولین میکروسکوپ ها، همانند میکروسکوپ هایی که شما در آزمایشگاه زیست شناسی از آنها استفاده می کنید، میکروسکوپ های نوری بودند. در میکروسکوپ نوری نور مرئی از نمونه مورد نظر عبور می کند، از عدسی های شیشه ای مختلفی می گذرد و به این ترتیب تصویر بزرگ شده ای از نمونه حاصل می آید. آنچه را که با میکروسکوپ می خواهیم مطالعه کنیم، نمونه می نامیم. نمونه ممکن

میکروسکوپ‌های نوری نشدند. یکی از علل این امر، آن است که با میکروسکوپ‌های الکترونی که نام برده شد، نمی‌توان سلول زنده را بررسی کرد. از این رو، برای مطالعه سلول زنده، همچنان به میکروسکوپ نوری نیاز است. آیا شما می‌توانید علل دیگری را نیز بیان کنید؟

### بیش‌تر بدانید

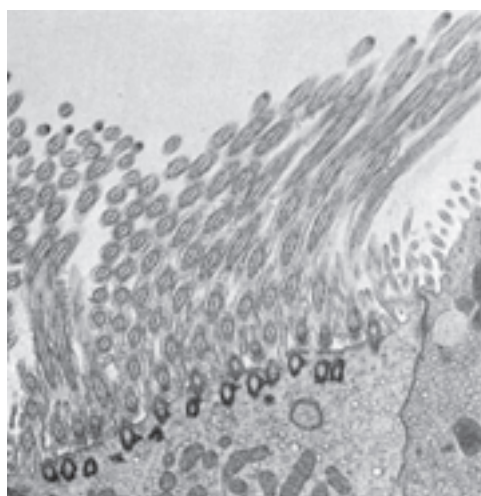


شکل ۲-۳- دامنه کاربرد میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی.

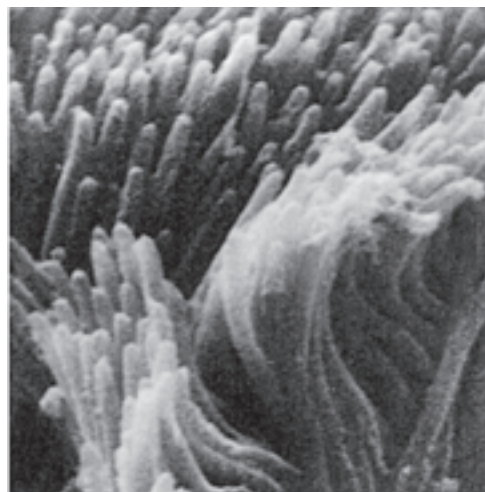
۲/ نانومتر ( $1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$ ) را نشان دهند. با این میکروسکوپ‌ها اندامک‌های سلول و حتی مولکول‌های بزرگی چون DNA و پروتئین‌ها، قابل مشاهده‌اند (شکل ۲-۳).

زیست‌شناسان از دو نوع میکروسکوپ الکترونی بیش‌تر استفاده می‌کنند (شکل ۲-۲): میکروسکوپ الکترونی نگاره که با آن سطح اجسام را مشاهده می‌کنند. این میکروسکوپ تصویری سه‌بعدی از سطح نمونه را فراهم می‌کند و میکروسکوپ الکترونی گذاره که با آن ساختار درونی سلول را مطالعه می‌کنند.

اگرچه میکروسکوپ‌های الکترونی، حقیقتاً انقلابی عظیم در بررسی و شناخت سلول پدید آوردند، اما جایگزین



×۱۳,۲۰۰

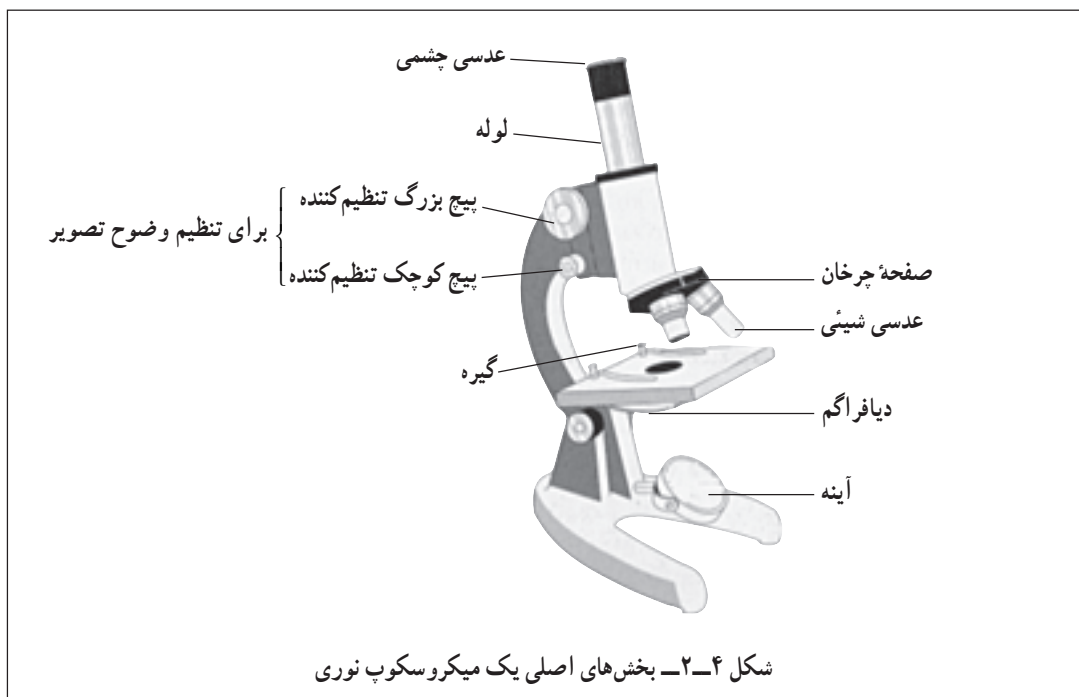


شکل ۲-۲- بالا: تصویری از مژک‌های تریکودینا با میکروسکوپ الکترونی گذاره؛ پایین: همان شیء با میکروسکوپ الکترونی نگاره.



## کار با میکروسکوپ

- ۱- به میکروسکوپی که در اختیار شما قرار می‌گیرد یا به تصویر آن، خوب نگاه کنید و آن را با شکل ۲-۴ مقایسه کنید، چه تفاوتی مشاهده می‌کنید؟ قبل از کار با میکروسکوپ، نام بخش‌های مختلف آن را به خاطر بسپارید.
- ۲- برای آن که اشیاء را زیر میکروسکوپ ببینید، باید ابتدا آنها را روی تیغه شیشه‌ای مخصوصی قرار دهید و روی آن را با تیغک شیشه‌ای پوشانید. معلم شما یک نمونه آماده‌شده را در اختیار شما قرار خواهد داد.



- ۳- نمونه آماده را روی صفحه میکروسکوپ بگذارید. به‌طوری که نمونه در وسط صفحه میکروسکوپ قرار گیرد.
- ۴- با کمک دو گیره، تیغه را روی صفحه میکروسکوپ ثابت نگهدارید.
- ۵- صفحه چرخان عدسی‌های شیئی را بچرخانید تا کوچکترین عدسی شیئی روی نمونه قرار بگیرد. اطمینان حاصل کنید که عدسی شیئی درست در محل خود قرار گرفته است.
- ۶- یک چراغ مطالعه را جلو میکروسکوپ قرار دهید. آینه میکروسکوپ را طوری تنظیم کنید که نور چراغ به درون لوله میکروسکوپ هدایت شود.
- ۷- از طریق عدسی‌های چشمی به درون میکروسکوپ نگاه کنید. دایره‌ای روشن یا خاکستری خواهید دید که میدان دید نامیده می‌شود. با کمک دیافراگم، میدان دید میکروسکوپ را روشن کنید به‌طوری که درخشندگی آن زیاد نباشد.
- ۸- از پهلوی صفحه میکروسکوپ نگاه کنید. پیچ بزرگ تنظیم کننده را طوری بچرخانید که لوله میکروسکوپ به سمت پایین حرکت کند.
- ۹- پیچ بزرگ تنظیم کننده را به اندازه‌ای بچرخانید که عدسی شیئی در پایین‌ترین موقعیت خود و در نزدیکی تیغه قرار گیرد.
- ۱۰- حالا مجدداً به داخل میکروسکوپ نگاه کنید. به آرامی پیچ بزرگ تنظیم کننده را در جهت عکس بچرخانید به‌طوری که لوله میکروسکوپ به تدریج به سمت بالا حرکت کند و سرانجام نمونه روی تیغه در میدان دید شما قرار گیرد.
- ۱۱- با کمک پیچ‌های بزرگ و کوچک تنظیم، فاصله نمونه و عدسی شیئی را طوری تنظیم کنید که نمونه به بهترین وجه دیده شود.

- ۱۲- در صورت نیاز می‌توانید با تنظیم دیافراگم، روشنایی نمونه را تنظیم کنید. در صورتی که نور ورودی به میکروسکوپ چندان زیاد نباشد، تصویر بهتری بدست خواهید آورد.
- اکنون شما نمونه را با کمترین درشت‌نمایی می‌بینید. برای دیدن آن با بزرگ‌نمایی بیشتر، مراحل زیر را انجام دهید.
- ۱۳- صفحه چرخان عدسی را بچرخانید تا عدسی‌های شیئی بزرگ‌تر روی نمونه قرار بگیرند. همان‌طور که گفته شد، باید سعی کنید که عدسی شیئی درست در محل خود قرار بگیرد.
- ۱۴- برای آن که نمونه را بهتر ببینید، از پیچ کوچک تنظیم‌کننده استفاده کنید. دقت کنید که رأس عدسی‌های شیئی به تیغک برخورد نکند.
- ۱۵- در صورت نیاز می‌توانید با تنظیم دیافراگم میزان روشنایی را تغییر دهید. شما نمونه را با بزرگ‌نمایی، بیش‌تر می‌بینید. اندازه نمونه چه تغییری کرده است؟
- به‌خاطر داشته باشید: که همیشه با احتیاط کامل با میکروسکوپ کار کنید، چون این وسیله حساس، دقیق و گران‌قیمت است. همواره برای حمل آن از دو دست خود استفاده کنید. وقتی که با آن کار نمی‌کنید روی آن را با روپوش بپوشانید. آن را هرگز روی کتاب یا لبه میز قرار ندهید. دقت کنید که به عدسی‌های آن آسیب وارد نشود و برای تمیز کردن آن از معلم خود کمک بخواهید.

## فعالیت ۲-۲



### مشاهده پَر با کمک میکروسکوپ

- از معلم خود یک پَر پرنده، مانند پَر کبوتر، بگیرید.
- ۱- با کمک قیچی قطعاتی به ابعاد تقریبی  $5\text{ mm}^2$  از آن تهیه کنید.
- ۲- یک قطعه پَر را روی تیغه میکروسکوپ قرار دهید (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵

- ۳- با کمک قطره‌چکان یا وسیله مشابهی، یک قطره روغن سدر یا روغن زیتون روی نمونه بریزید.



شکل ۲-۶

- ۴- روی قطعه پَر را با تیغک بپوشانید و به آرامی روی آن فشار وارد آورید، تا روغن به‌طور کامل در زیر تیغه پخش شود.



شکل ۲-۷

۵- اکنون ساختار پر را زیر میکروسکوپ بررسی کنید. تصویری از آنچه در میکروسکوپ می بینید، رسم کنید به طوری که جزئیات ساختار پر را نشان دهد.

۶- برای تصویر خود مقیاس تهیه کنید. برای این کار یک خط کش شفاف را روی صفحه میکروسکوپ قرار دهید و با کمک میکروسکوپ، قطر میدان دید میکروسکوپ را در بزرگ نمایی مورد نظر برحسب میلی متر اندازه گیری و با اندازه تصویری که رسم کرده اید، مقایسه کنید.

### سلول های مختلف اندازه های متفاوتی دارند

کوچک ترین سلول ها، باکتری هایی هستند که اندازه آنها بین  $1\text{ }\mu\text{m}$  و  $10\text{ }\mu\text{m}$  است. درازترین سلول ها بعضی از سلول های عصبی و ماهیچه ای هستند. اندازه کوچک ترین سلول های گیاهی و جانوری در حدود  $10\text{ }\mu\text{m}$  و اندازه بزرگ ترین آنها (صرف نظر از سلول های دراز عصبی و ماهیچه ای و سلول های تخم بسیاری از جانوران) در حدود  $100\text{ }\mu\text{m}$  است. تریکودینا  $50\text{ }\mu\text{m}$  قطر دارد.

اندازه و شکل هر سلول، به کار آن سلول بستگی دارد. تخمک پرندگان حجیم است چون مقدار زیادی مواد غذایی را برای رشد جنین، در خود جای داده است. سلول های ماهیچه ای درازند در نتیجه می توانند قسمت های مختلف بدن را به یکدیگر نزدیک کنند. سلول های عصبی نیز درازند، در نتیجه می توانند پیام های عصبی را به سرعت از یک نقطه بدن به نقطه ای دیگر منتقل کنند. از سوی دیگر، کوچک بودن اندازه سلول نیز فواید زیادی دارد. مثلاً گلبول های قرمز خون فقط  $8\text{ }\mu\text{m}$  قطر دارند و در نتیجه می توانند از درون باریک ترین رگ های بدن عبور کنند.

اندازه سلول ها از حد معینی بزرگ تر و از حد معینی کوچک تر نمی شود

کوچک ترین اندازه سلول باید به قدری باشد که بتواند

به مقدار کافی DNA، پروتئین و اندامک های لازم برای زیستن و تولید مثل کردن را در خود جای دهد. عامل محدود کننده اندازه سلول، نسبت سطح به حجم است: سطح سلول باید به اندازه ای باشد که بتواند به مقدار کافی مواد غذایی از محیط بگیرد و مواد زاید به محیط دفع کند. سلول های بزرگ تر، سطح بزرگ تری دارند، اما نسبت سطح به حجم آنها در مقایسه با سلول های کوچک تر هم شکل خود، کوچک تر است. برای درک بهتر به شکل ۸-۲ نگاه کنید. در این شکل، یک سلول مکعبی شکل بزرگ و  $27\text{ }\mu\text{m}$  سلول مکعب شکل کوچک نشان داده شده است (دایره های بنفش رنگ، هسته های سلول را نشان می دهند).

هر دو مورد، در مجموع حجم یکسانی دارند:

$$3\text{ }\mu\text{m} \times 3\text{ }\mu\text{m} \times 3\text{ }\mu\text{m} = 27,000\text{ }\mu\text{m}^3 = \text{حجم}$$

اما مساحت آن دو متفاوت است:

$$6 \times (3\text{ }\mu\text{m} \times 3\text{ }\mu\text{m}) = \text{مساحت مکعب بزرگ}$$

$$= 5400\text{ }\mu\text{m}^2$$

$$6 \times (1\text{ }\mu\text{m} \times 1\text{ }\mu\text{m}) = \text{مساحت هر مکعب کوچک}$$

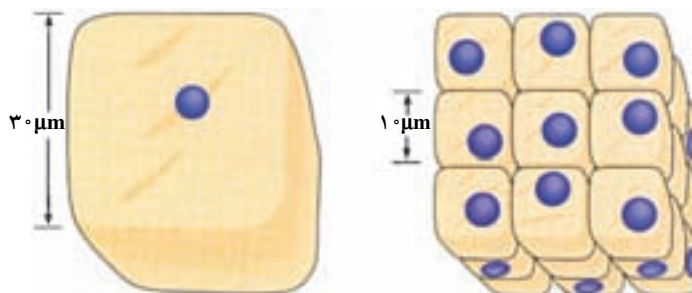
$$= 600\text{ }\mu\text{m}^2$$

مجموع مساحت همه  $27\text{ }\mu\text{m}$  مکعب کوچک برابر است با

$27 \times 600\text{ }\mu\text{m}^2 = 16200\text{ }\mu\text{m}^2$  که معادل است با  $16200\text{ }\mu\text{m}^2$ ، یعنی سه برابر

مساحت مکعب بزرگ. پس می بینیم که نسبت سطح به حجم

در سلول بزرگ تر، کوچک تر است. در مواردی که حجم سلول



شکل ۸-۲ سمت چپ: سطح یک سلول مکعبی بزرگ  $5400\text{ }\mu\text{m}^2$  است. سمت راست: مجموع سطح این  $27\text{ }\mu\text{m}$  سلول  $16200\text{ }\mu\text{m}^2$  است.

### فعالیت ۲-۳



- ۱- فرض کنید میکروسکوپ شما دارای یک عدسی چشمی و دو عدسی شیئی است. قدرت بزرگ‌نمایی عدسی چشمی  $\times 10$  و قدرت بزرگ‌نمایی عدسی‌های شیئی  $\times 10$  و  $\times 40$  است. کم‌ترین و بیش‌ترین بزرگ‌نمایی میکروسکوپ شما چقدر است؟
- ۲- یک نمونه  $5\text{mm}$  طول دارد. طول آن در زیر میکروسکوپ با این دو عدسی شیئی چقدر خواهد بود؟ فرض کنید تصویری که شما از نمونه کشیده‌اید،  $2\text{cm}$  طول دارد. چگونه برای طرح خود مقیاس تهیه می‌کنید؟ چرا برای زیست‌شناسان اختصاص دادن مقیاس به تصاویری که تهیه می‌کنند، لازم است؟

### خودآزمایی ۱-۲

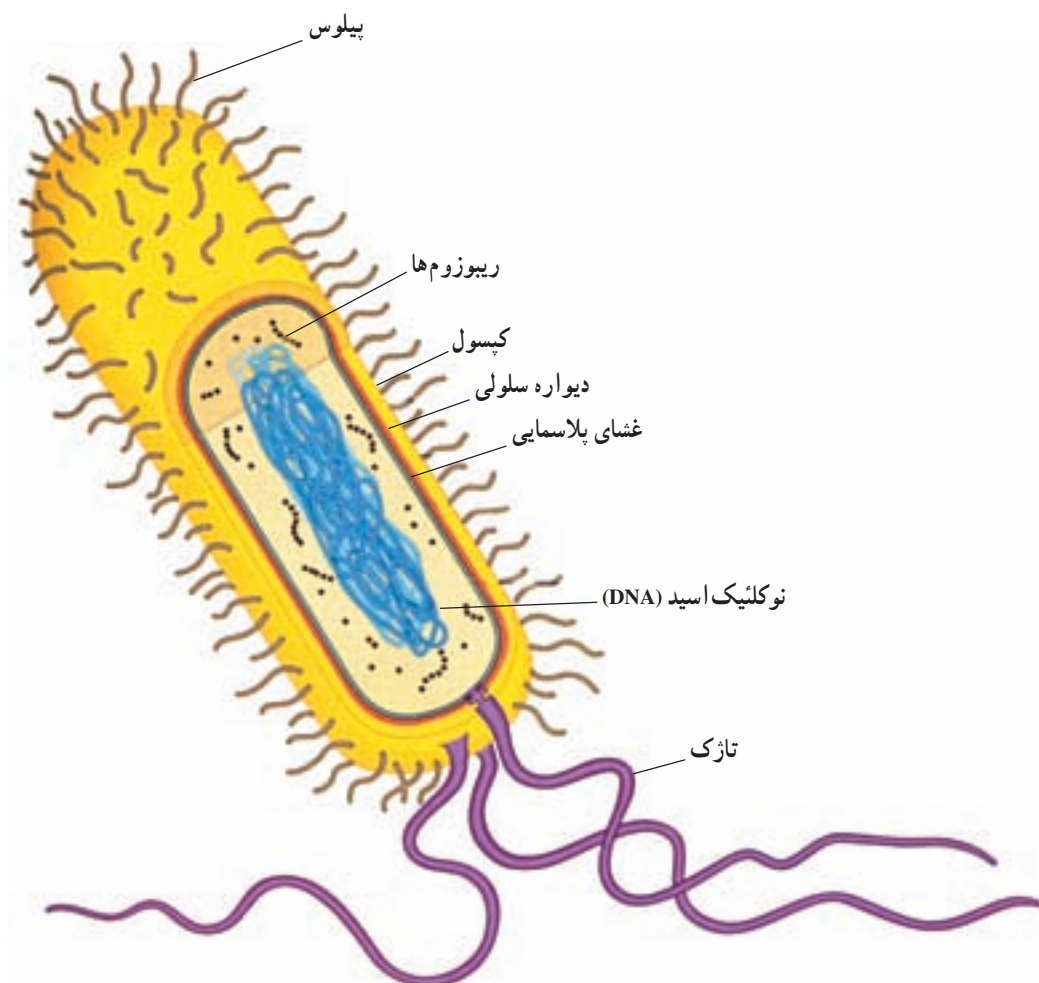
- ۱- قدرت تفکیک را تعریف کنید.
- ۲- انواع میکروسکوپ‌ها را نام ببرید.
- ۳- اندازه و شکل هر سلول به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۴- چرا اندازه سلول‌ها از حد معینی بزرگ‌تر یا کوچک‌تر نمی‌شود؟

الکترونی استفاده کنیم. سلول‌های پروکاریوتی نیز از این قاعده مستثنی نیستند، چون بسیار ریزند. اندازه بیش‌تر سلول‌های پروکاریوتی بین  $2\mu\text{m}$  تا  $8\mu\text{m}$  است. سلول پروکاریوتی، هسته مشخص و سازمان یافته ندارد و DNA و پروتئین‌های همراه آن درون ناحیه هسته ماندنی به نام ناحیه نوکلئوئیدی قرار گرفته است. از آن‌جا که هیچ غشایی ناحیه نوکلئوئیدی را احاطه نمی‌کند، DNA و پروتئین‌های همراه آن در تماس مستقیم با دیگر محتویات سلول هستند. ریبوزوم‌ها، از دیگر اجزای سلول هستند که با توجه به اطلاعاتی که از DNA می‌رسد، آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می‌کنند و پلی‌پپتید می‌سازند. چنان‌که می‌دانید، پروتئین‌ها از پلی‌پپتیدها تشکیل شده‌اند و DNA با واسطه‌هایی، نوع پروتئین را تعیین و از این راه، فعالیت‌های سلول را کنترل می‌کند.

غشای پلاسمایی، سیتوپلاسم سلول باکتری را دربر می‌گیرد. در بیش‌تر باکتری‌ها، اطراف غشای پلاسمایی را دیواره‌ای تقریباً سخت فراگرفته که آن را دیواره سلولی باکتریایی می‌نامند. این دیواره از سلول محافظت و سلول را در حفظ کردن شکل، یاری می‌کند. در بعضی از باکتری‌ها، دیواره سلولی به وسیله پوشش چسبناکی به نام کپسول احاطه شده است. کپسول

خیلی زیاد باشد، سطح آن نمی‌تواند احتیاجات حجم را برآورده کند؛ بنابراین، نسبت سطح به حجم است که اجازه نمی‌دهد سلول از حد معینی بزرگ‌تر باشد. وقتی سلول‌های زنده روی کره زمین پدید آمدند، فقط آنهایی زنده ماندند و تولیدمثل کردند که سطح کافی برای تأمین احتیاجات حجم خود را داشتند. خاطرنشان می‌کنیم که همه سلول‌ها مکعب کامل یا کره کامل نیستند. شکل‌های متعددی از سلول‌ها پدید آمده‌اند که بر محدودیت اندازه چیره شده‌اند. سلول‌های ماهیچه‌ای و عصبی می‌توانند بسیار دراز باشند، چون باریک‌اند و بنابراین به ازای هر واحد حجم، سطح بیش‌تری نسبت به سلول‌های کروی شکل دارند.

سلول‌های پروکاریوتی کوچک‌اند و ساختار ساده دارند از عمر زمین، مدت زمان زیادی می‌گذرد. طی این مدت، دو نوع سلول، با ساختارهایی متفاوت، نسبت به یکدیگر، پدید آمده‌اند. سلول‌های پروکاریوتی که عبارت‌اند از باکتری‌ها و سیانوباکتری‌ها و سلول‌های یوکاریوتی که بقیه سلول‌ها هستند. در شکل ۲-۹ یک سلول باکتریایی نشان داده شده است. برای دیدن ساختار دقیق هر سلول، باید از میکروسکوپ



شکل ۹-۲- یک سلول باکتریایی  $\times 50,000$

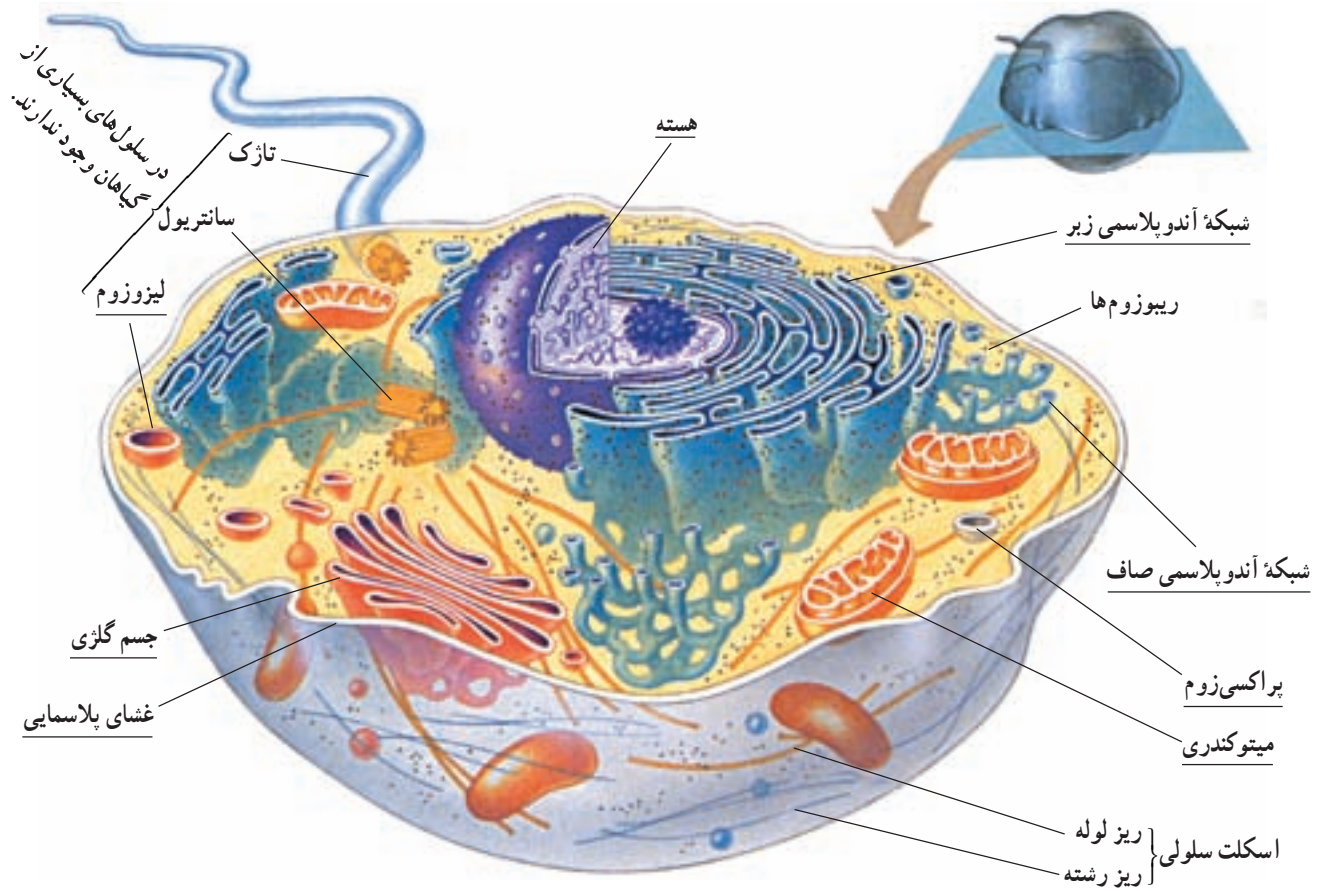
این قسمت، ساختار یک سلول جانوری و یک سلول گیاهی را به عنوان نمونه‌هایی از سلول‌های یوکاریوتی، بررسی می‌کنیم. شکل ۱۰-۲ یک سلول جانوری را نشان می‌دهد. جزئیاتی را که در شکل نشان داده شده است، با میکروسکوپ الکترونی گذاره می‌توان دید. در نگاه اول، درمی‌یابیم که سلول یوکاریوتی، از سلول پروکاریوتی پیچیده‌تر است. آشکارترین تفاوت، سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی این است که، اندامک‌های گوناگونی در سیتوپلاسم سلول‌های یوکاریوتی وجود دارد. توجه داشته باشید که بیش‌تر این اندامک‌ها را غشا می‌پوشاند.

در سلول‌های یوکاریوتی، غشاهایی سیتوپلاسم را به قسمت‌های مجزا تقسیم می‌کنند. زیست‌شناسان، قسمت‌هایی را که با غشاهایی احاطه شده‌اند، اندامک‌های غشادار می‌نامند (در شکل‌های ۱۰-۲ و ۱۱-۲ زیر نام هر یک از اندامک‌های

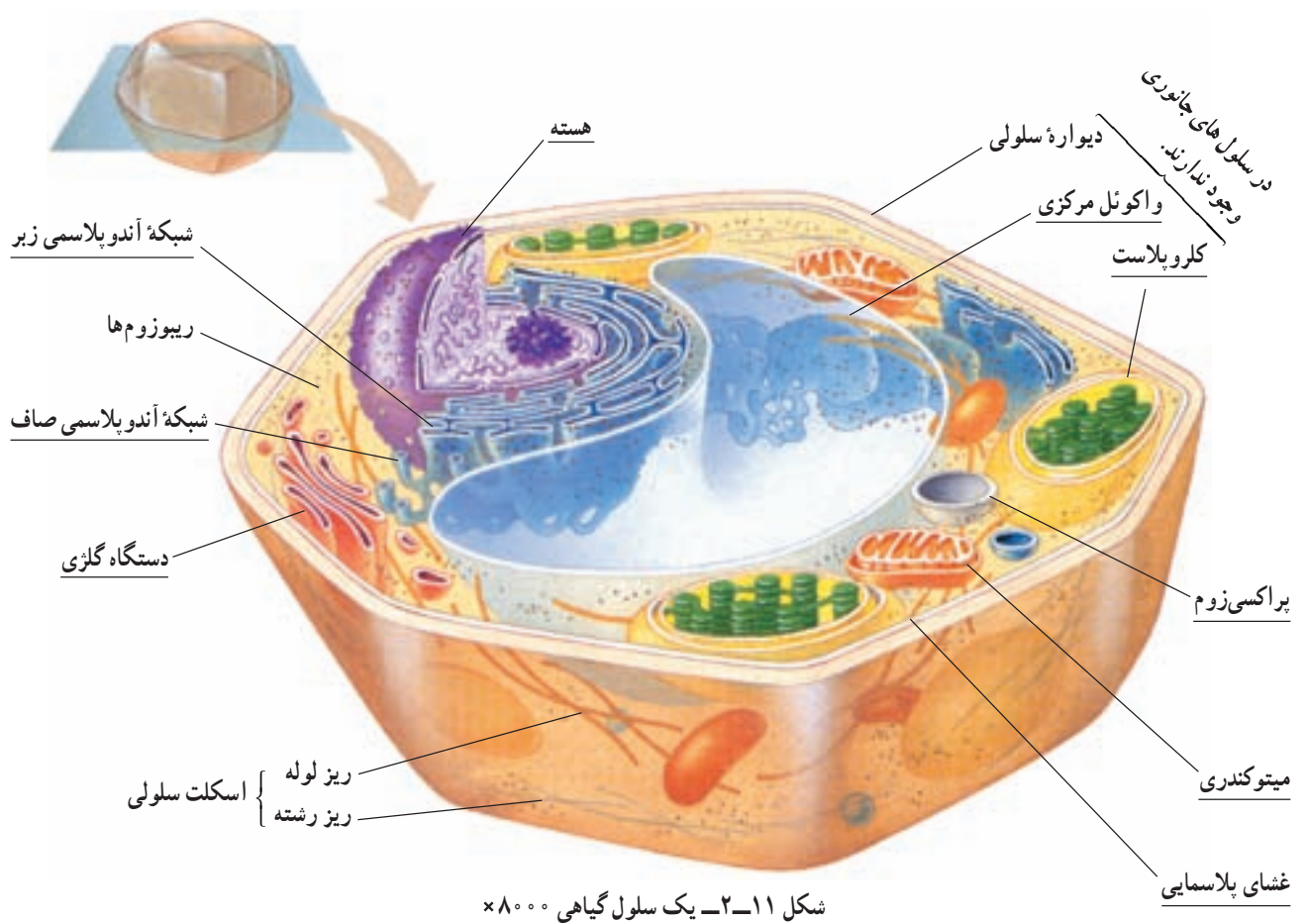
نیز باعث محافظت سلول می‌شود. همچنین، کپسول به بعضی از باکتری‌ها کمک می‌کند تا به سطوح مختلف، مثلاً به سنگ‌هایی که در مسیر جریان سریع آب در رودخانه قرار دارند یا به بافت‌های درون بدن آدمی بچسبند. بعضی از باکتری‌ها، برآمدگی‌هایی بر سطح خود دارند. این برآمدگی‌های مو مانند را اگر کوتاه باشند، پیلی (مفرد آن: پیلوس) می‌نامند. پیلی به چسبیدن باکتری به سطوح مختلف کمک می‌کند. برآمدگی‌های بلند را تاژک می‌نامند. تاژک با حرکت‌های خود باکتری را در محیط مایع پیرامون به جلو می‌راند.

**درون سلول‌های یوکاریوتی بخش‌های عمل‌کننده مجزایی وجود دارد**

همه سلول‌های یوکاریوتی، از هر نوعی که باشند -جانوری، گیاهی، آغازی یا فارچی- با یکدیگر شباهت‌های اساسی دارند، اما با سلول‌های پروکاریوتی بسیار متفاوت‌اند. در



شکل ۱۰-۲- یک سلول جانوری  $\times 8000$



شکل ۱۱-۲- یک سلول گیاهی  $\times 8000$

درخواهید یافت که استثناهایی هم در این مورد وجود دارد. برای مثال سانتیریول که از ساختارهای سلولی بدون غشا است و در سازمان‌دهی میکروتوبول‌ها، تشکیل دوک تقسیم و تشکیل تاژک و مژک‌ها دخالت دارد، در سلول‌های جانوری و گیاهان ابتدایی مثل خزها و سرخس‌ها وجود دارد؛ اما در گیاهان پیشرفته دیده نمی‌شود. سلول‌های جانوری ممکن است یک یا چند تاژک داشته باشند؛ اما به جز سلول‌های جنسی نر بعضی گونه‌های گیاهی، سلول‌های گیاهی تاژک ندارند. (تاژک سلول‌های یوکاریوتی از نظر ساختار و عمل با تاژک باکتری‌ها تفاوت دارد).

سلول گیاهی اجزایی دارد که سلول جانوری از آنها بی‌بهره است. مثلاً سلول گیاهی (همانند سلول‌های قارچ‌ها و بسیاری از آغازیان) دیواره سلولی سخت و ضخیمی دارد. دیواره سلولی، از سلول محافظت می‌کند و سلول را در حفظ شکل یاری می‌دهد. دیواره سلولی گیاهی، از نظر ساختار شیمیایی با دیواره سلولی باکتریایی متفاوت است و از سلولز ساخته شده است. برخلاف بیش‌تر سلول‌های جانوری، بسیاری از سلول‌های بالغ گیاهی به شکل چند وجهی هستند.

اندامک دیگری که در سلول‌های گیاهی وجود دارد، اما در سلول‌های جانوری یافت نمی‌شود، پلاست است. پلاست‌ها انواع متفاوتی دارند. در کلروپلاست‌ها فتوسنتز رخ می‌دهد (کلروپلاست در بعضی از آغازیان نیز وجود دارد). وجود یک واکوئل مرکزی بزرگ، ویژه بسیاری از سلول‌های گیاهی بالغ است. واکوئل کیسه‌ای از جنس غشاست که در خود آب و مواد شیمیایی گوناگونی را ذخیره می‌کند. در بیش‌تر سلول‌های گیاهی بالغ، واکوئل مرکزی آنزیم‌هایی دارد که گوارش سلولی را به انجام می‌رسانند. علاوه بر این، واکوئل‌ها با جذب آب اضافی و منبسط شدن می‌توانند به بزرگ شدن سلول کمک کنند.

گرچه تاکنون تأکید ما بر اندامک‌های غشادار بوده است، اما در سلول‌های یوکاریوتی اجزای بدون غشا نیز وجود دارد (در شکل‌های ۱-۲ و ۱۱-۲ زیر این ساختارها خط کشیده نشده است). از میان این اجزا می‌توان سانتیریول‌ها و اسکلت سلولی را نام برد. همه این‌ها از لوله‌هایی پروتئینی به نام ریزلوله (میکروتوبول)

غشادار، خط کشیده شده است). اندامک‌های غشاداری که در شکل ۱-۲ دیده می‌شوند، عبارت‌اند از: هسته، شبکه آندوپلاسمی، جسم گلژی، میتوکندری، لیزوزوم و پراکسی‌زوم. توجه داشته باشید که در سلول زنده، بیش‌تر اندامک‌هایی رنگ‌اند و استفاده از رنگ در این شکل، فقط برای سهولت تشخیص آنهاست.

بسیاری از فعالیت‌های شیمیایی سلول، یا به عبارت دیگر متابولیسم سلولی، در فضای درون اندامک‌های غشادار انجام می‌گیرد. این فضاها از مواد سیال (روان) پر شده‌اند. در فضای درون هر اندامک، وضعیت خاصی که برای انجام واکنش‌های شیمیایی ویژه مورد نیاز است، ایجاد و حفظ می‌شود. این وضعیت در اندامک‌های گوناگون، متفاوت است. بنابراین، فرآیندهای متفاوت متابولیسمی که به وضعیت‌های متفاوتی نیاز دارند، می‌توانند به طور همزمان در یک سلول به انجام برسند؛ چون هر یک از آنها در اندامک جداگانه‌ای به وقوع می‌پیوندد. مثلاً در شبکه آندوپلاسمی هورمون‌های استروئیدی ساخته می‌شوند، در پراکسی‌زوم‌ها، که در مجاورت شبکه آندوپلاسمی قرار دارند، هیدروژن پراکسید ( $H_2O_2$ ) تولید می‌شود. برای سلول سمی است و طی بعضی از واکنش‌های متابولیسمی، به عنوان محصول فرعی تولید می‌شود. چگونه استروئیدها از تخریب به وسیله  $H_2O_2$  در امان می‌مانند؟  $H_2O_2$  در درون پراکسی‌زوم‌ها باقی می‌ماند و در همان‌جا، به سرعت به  $H_2O$  تبدیل می‌شود.

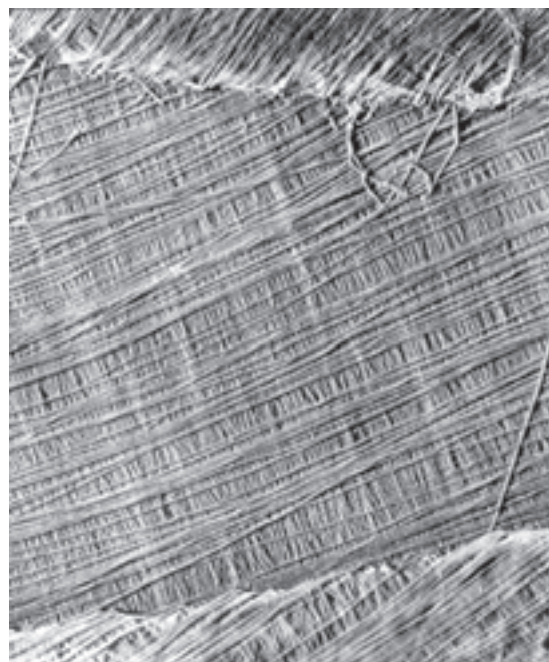
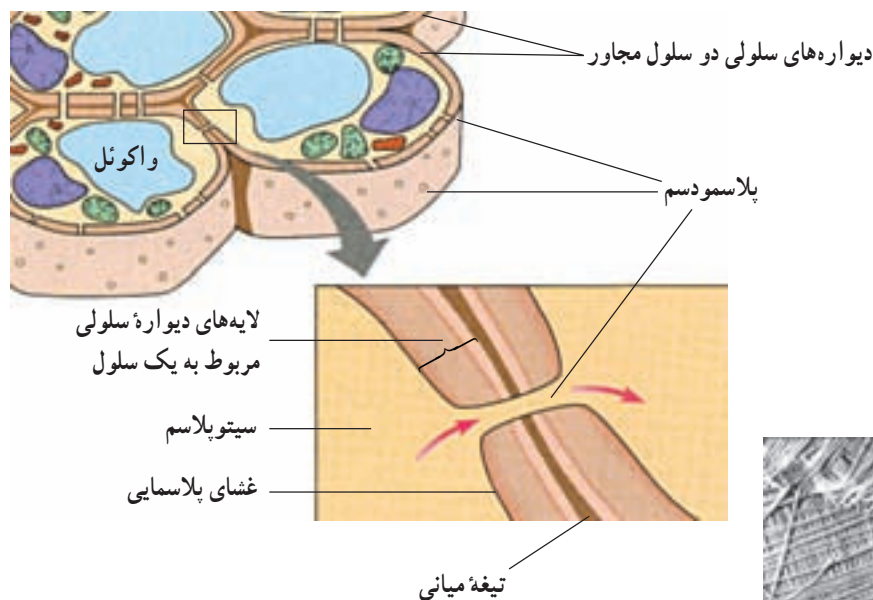
یکی دیگر از فواید غشاهای درون سلولی این است که این غشاها مجموع مساحت غشاهای سلول را به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهند. در سلول‌های یوکاریوتی، غشاهای درونی سطوحی را فراهم می‌کنند که در آنها فرآیندهای مهم متابولیسمی روی می‌دهند. در واقع بسیاری از آنزیم‌هایی که وجود آنها برای فرآیندهای متابولیسمی لازم است، درون غشای اندامک‌ها جای دارند. اگر غشاهای درونی موجود نبودند، سلول‌های یوکاریوتی احتمالاً سطح کافی برای پاسخ‌گویی به نیازهای متابولیسمی خود در اختیار نمی‌داشتند.

اندامک‌هایی که تاکنون از آنها نام برده شد، هم در سلول‌های جانوری و هم در سلول‌های گیاهی یافت می‌شوند. اگر شکل‌های ۱-۲ و ۱۱-۲ را با یکدیگر مقایسه کنید،

به شکل ۱۲-۲ توجه کنید، دیواره سلولی چند لایه‌ای است. یکی از لایه‌ها بین سلول‌های مجاور مشترک است. این لایه تیغه میانی نام دارد. این لایه سلول‌های مجاور را به هم می‌چسباند. مجاور تیغه میانی لایه‌ای به نام دیواره نخستین قرار گرفته است. در بعضی سلول‌ها، به‌ویژه سلول‌های مُسن، در سطح درونی دیواره نخستین دیواره دیگری به نام دیواره دومین رسوب می‌کند و ضخامت دیواره را افزایش می‌دهد. دیواره سلولی سلول‌های گیاهی، ضخیم است، اما منافذی دارد که از طریق آنها ارتباط بین سلول‌های مجاور برقرار می‌شود. ماده زنده‌ای که درون این منافذ را پر می‌کند، پلاسمودسم (شکل

و رشته‌های پروتئینی به نام ریزرشته ساخته شده‌اند. نقطه‌های قهوه‌ای رنگی که در شکل‌ها دیده می‌شوند، ریبوزوم‌ها هستند. بعضی از ریبوزوم‌ها درون مایع سیتوپلاسمی قرار دارند و بعضی دیگر به بخش‌هایی از شبکه آندوپلاسمی و نیز غشای خارجی هسته چسبیده‌اند.

دیواره سلولی گیاهان که ضخامت آن ۱۰ تا ۱۰۰ برابر غشای پلاسمایی است، عمدتاً از رشته‌های سلولزی نازکی ساخته شده است. این رشته‌ها در سیمانی از جنس سایر پلی‌ساکاریدها و پروتئین قرار گرفته‌اند. در شکل ۱۲-۲ دیواره سلولی چند سلول گیاهی نشان داده شده است.



تصویری از ساختار دیواره سلولی  
زیر میکروسکوپ الکترونی (۳۰,۰۰۰×)  
جهت‌گیری رشته‌های سلولزی را تفسیر کنید.

شکل ۱۲-۲ دیواره سلولی سلول‌های گیاهی و ارتباط میان سلول‌ها

ورود یا خروج می‌دهد و برای این کار ساختار ویژه‌ای دارد که در شکل ۱۳-۲ نشان داده شده است.

بیش‌ترین تعداد مولکول‌های غشا، مولکول‌های فسفولیپیدی هستند. می‌دانیم بخشی از مولکول‌های فسفولیپیدی نیز مانند سایر مواد لیپیدی آب‌گریز هستند. بخش دیگر این مولکول‌ها آب‌دوست هستند. در نتیجه فسفولیپیدهای غشا به صورت دولایه‌ای به گونه‌ای قرار گرفته‌اند که سدی در برابر مولکول‌های آب و مواد محلول در آن، ایجاد می‌کند. البته این سد نسبت به آب کاملاً غیرقابل نفوذ نیست و مولکول‌های آب به علت کوچکی، می‌توانند به مقدار اندک از آن عبور کنند. مولکول‌های لیپیدی به آسانی از این بخش غشا عبور می‌کنند. به مولکول‌های درشت پروتئینی شکل ۱۳-۲ توجه کنید.

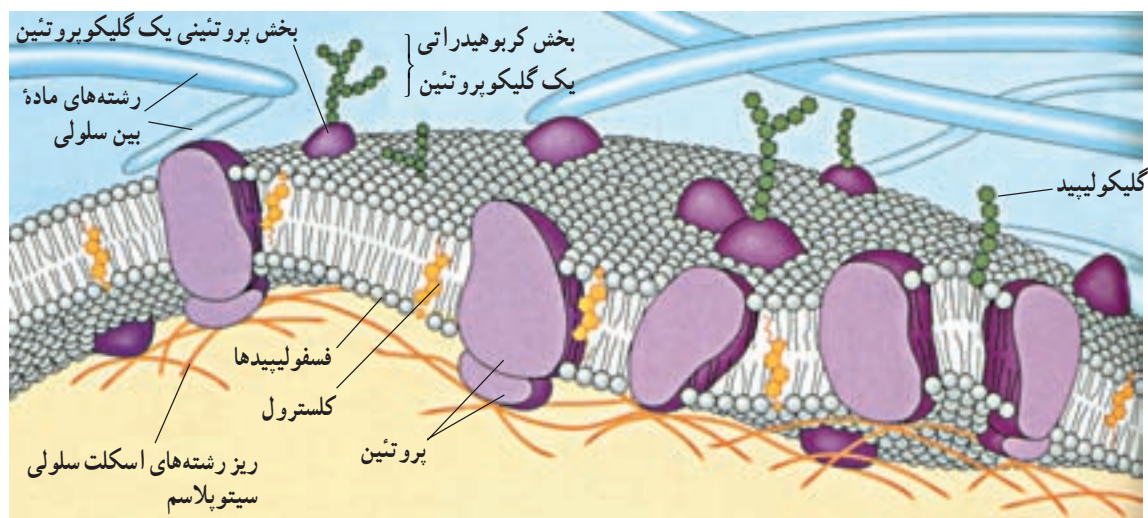
بعضی از این مولکول‌های پروتئینی به‌ویژه آنها که بر سطح خارجی قرار گرفته‌اند، مولکول‌هایی پذیرنده هستند؛ یعنی به مولکول‌های دیگر متصل می‌شوند و از این راه به برقراری اتصال فیزیکی میان سلول‌ها و مولکول‌ها کمک می‌کنند. پروتئین‌هایی که در سراسر عرض غشا قرار دارند کانال‌ها یا منافذی را برای عبور مواد در غشا ایجاد می‌کنند. مولکول‌ها از یک سمت این پروتئین‌ها وارد و از سمت دیگر آن خارج می‌شوند. کانال‌های پروتئینی تخصصی عمل می‌کنند، یعنی فقط به یک نوع مولکول اجازه عبور می‌دهند (مولکول‌های کوچک مانند آب نیز می‌توانند از این کانال‌ها عبور کنند). بعضی از این کانال‌ها همیشه باز

۲۴-۶) نام دارد. موادی از طریق پلاسمودسم‌ها از سلولی به سلول‌های مجاور منتقل می‌شود. آب، مواد غذایی و پیام‌های شیمیایی از جمله این مواد هستند.

دیواره سلولی در بعضی نقاط نازک‌تر می‌شود. این مناطق نازک‌تر لان نامیده می‌شوند. لان‌های سلول‌های مجاور، معمولاً در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند و دیواره در آن قسمت در مجموع نازک‌تر از سایر بخش‌هاست.

### ساختار غشای سلولی برای کاری که انجام می‌دهد، مناسب است

یکی از کارهای غشای پلاسمایی، که پیرامون سلول را فراگرفته است، آن است که مانند دیواره‌های ظرفی که مواد درون خود را از محیط پیرامون جدا می‌کند، مواد درون سلول را از محیط اطراف جدا می‌کند؛ اما نمی‌توان غشای پلاسمایی را کاملاً شبیه دیواره‌های ظرف دانست چون، غشای پلاسمایی بعضی مواد را از خود عبور می‌دهد و از نفوذ بعضی دیگر، جلوگیری می‌کند. اگر کمی به این موضوع بیندیشید، خود به اهمیت آن پی خواهید برد. غشای سلولی برای آن که مرز مناسبی بین محتویات سلول و محیط پیرامونی به وجود آورد، باید به بسیاری مواد اجازه ورود یا خروج ندهد؛ اما سلول در همه حال تا وقتی که زنده است، به جذب یا دفع بعضی مواد نیاز دارد. بنابراین، غشای سلول نسبت به مواد تراوایی نسبی دارد، یعنی فقط به بعضی مواد اجازه

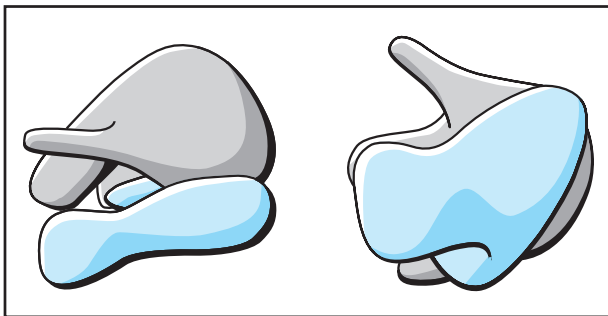


شکل ۱۳-۲ - ساختار غشا

سازمان درون سلولی از اجزای گوناگونی ساخته شده است

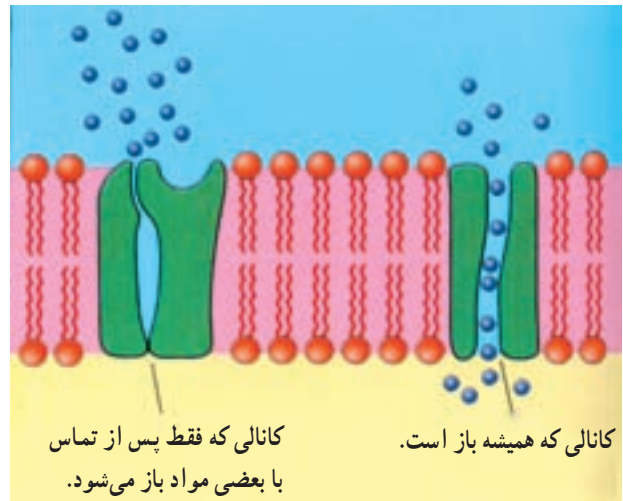
ریبوزوم: ریبوزوم‌ها از اجزای بسیار ریز سلول هستند. این اجزا در سیتوپلاسم و نیز درون اندامک‌هایی، مانند میتوکندری و کلروپلاست یافت می‌شوند. وظیفه ریبوزوم‌ها مشارکت در پروتئین‌سازی است.

هر ریبوزوم از دو بخش غیرمساوی تشکیل شده است. هر دو این بخش‌ها از پروتئین و انواع ویژه‌ای RNA که به آنها RNAهای ریبوزومی (به اختصار rRNA) می‌گویند، ساخته شده است. در شکل ۱۵-۲ نمایی از ساختار و اندازه این دو بخش، نسبت به یکدیگر، نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۲- نمایی از ساختار یک ریبوزوم از دو جهت مختلف.

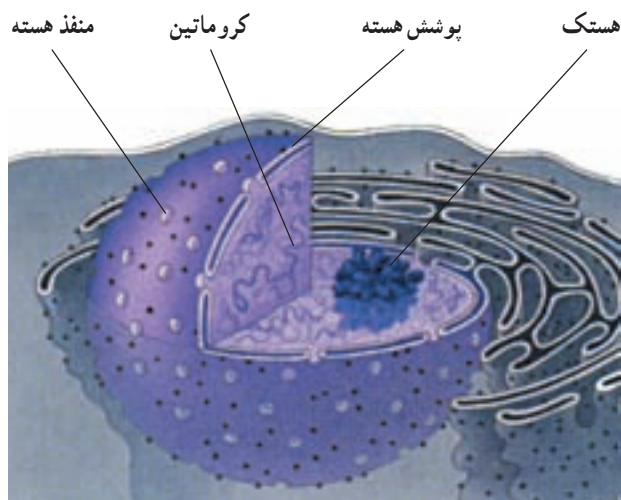
هستند و بعضی از آن‌ها فقط در موقع عبور مواد باز می‌شوند. بعضی از پروتئین‌های غشا ناقل هستند. پروتئین‌های ناقل موادی مانند یون‌ها را وارد سلول می‌کنند (شکل ۱۴-۲). غشای پلاسمایی با دیواره ظرف تفاوت‌های فراوانی دارد. بنابر آنچه گفته شد، غشاها برای تنظیم وضعیت درون سلولی اهمیت زیادی دارند.



شکل ۱۴-۲- عبور مواد از غشا با کمک پروتئین‌های غشایی

## خودآزمایی ۲-۲

- ۱- سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی دارند؟
- ۲- شکل ساده‌ای از یک باکتری رسم کنید و قسمت‌های مختلفی را که رسم کرده‌اید، نام‌گذاری و کار هر قسمت را بیان کنید.
- ۳- وجود غشاهای درون سلولی چه مزایایی برای سلول‌ها دارد؟
- ۴- سانتیبول از چه چیزی ساخته شده و چه وظایفی را بر عهده دارد؟
- ۵- اندامک‌های غشادار و غیرغشادار یک سلول جانوری و یک سلول گیاهی را نام ببرید.
- ۶- چرا دیواره باکتری‌ها و قارچ‌ها یکپارچه، اما دیواره سلول‌های گیاهی منفذدار است؟
- ۷- ساختار دیواره سلول گیاهی را توضیح دهید.
- ۸- پلاسمودسم ولان را تعریف کنید.
- ۹- چه تفاوت‌هایی بین غشای پلاسمایی و دیواره ظرف وجود دارد؟
- ۱۰- پروتئین‌های غشا، چه کارهایی را انجام می‌دهند؟



شکل ۱۶-۲- هسته همراه با بخشی از سیتوپلاسم

تشکیل شده‌اند. بعضی از این غشاها به‌طور فیزیکی به هم پیوسته‌اند، اما بعضی دیگر از هم جدا هستند. در مجموع، این غشاها شبکه‌ای درون سیتوپلاسم تشکیل می‌دهند که زیست‌شناسان آن را دستگاه غشایی درونی می‌نامند. اندامک‌های این دستگاه در ساخت، ذخیره و ترشح مولکول‌های مهم زیستی با یکدیگر همکاری می‌کنند.

شبکه آندوپلاسمی، بهترین مثال برای معرفی آن قسمت از دستگاه غشایی درونی است که از غشاهای به هم پیوسته تشکیل شده است. واژه «آندوپلاسم» از زبان یونانی گرفته شده و به معنی «درون سلول» است. خواهیم دید که، دو نوع شبکه آندوپلاسمی وجود دارد: شبکه آندوپلاسمی زبر و شبکه آندوپلاسمی صاف. این دو اندامک از نظر ساختار و عمل با هم تفاوت دارند، اما غشای سازنده آنها، به هم پیوسته است. همچنین، غشای شبکه آندوپلاسمی به غشای خارجی پوشش هسته پیوسته است (شکل ۱۶-۲).

شبکه آندوپلاسمی، فضای درون سلول را به دو قسمت تقسیم می‌کند: فضای درون شبکه آندوپلاسمی و فضای بیرون

ریبوزوم‌های سلول‌های پروکاریوتی ساختاری ساده‌تر و اندازه‌ای کوچک‌تر دارند و به ریبوزوم‌های درون میتوکندری‌ها و کلروپلاست‌های سلول‌های یوکاریوتی شبیه هستند؛ در حالی که ریبوزوم‌های موجود در ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم (سیتوسل) سلول‌های یوکاریوتی و ریبوزوم‌های چسبیده به برخی بخش‌های شبکه آندوپلاسمی این سلول‌ها، ساختاری پیچیده‌تر و اندازه‌ای کمی بزرگ‌تر از ریبوزوم‌های سلول‌های پروکاریوتی دارند. زیست‌شناسان برای شباهتی که شرح داده شد اهمیت زیادی قائل هستند (آیا می‌دانید چرا؟).

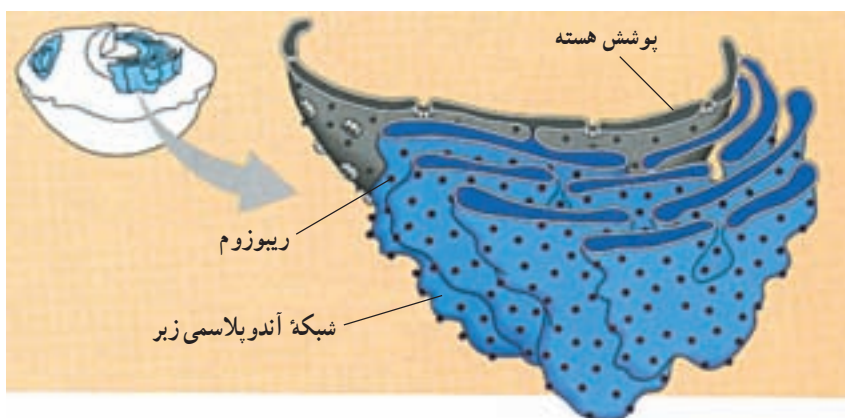
**هسته:** بیش‌تر ماده ژنتیک سلول‌های یوکاریوتی در ساختار اندامک هسته جا دارد (شکل ۱۶-۲). اغلب سلول‌های یوکاریوتی یک هسته و بعضی دو یا چند هسته دارند. هسته مرکز تنظیم ژنتیک سلول یوکاریوتی است. DNA موجود در هسته فعالیت‌های سلول را رهبری می‌کند. هسته را پوشش هسته احاطه می‌کند. پوشش هسته از دو غشای منفذدار تشکیل شده است. تبادل مواد بین هسته و سیتوپلاسم از همین منافذ صورت می‌گیرد. درون هسته از مایعی به اسم شیره هسته پر شده است که DNA و پروتئین‌های متصل به آن، هستک یا هستک‌ها و پروتئین‌های تشکیل‌دهنده اسکلت هسته‌ای در آن قرار دارند. پروتئین‌های اسکلت هسته‌ای به صورت شبکه درهم رفته‌ای در هسته قرار دارند و موجب پایداری شکل هسته و پایداری پوشش هسته‌ای می‌شوند. درون هسته یک یا چند توده متراکم دیده می‌شود این توده از رشته‌ها و دانه‌هایی تشکیل شده است و هستک نام دارد. هستک، جای بخشی از DNA و پروتئین‌های متصل به آن، RNA و پروتئین است و محلی است که ریبوزوم‌ها در آن ساخته می‌شوند.

**دستگاه غشایی درونی از اندامک‌های غشادار تشکیل شده است**

گروهی از اندامک‌های یوکاریوتی از غشاهای به هم مرتبط

## خودآزمایی ۳-۲

- ۱- ساختار و عمل ریبوزوم را توضیح دهید.
- ۲- جایگاه ریبوزوم در سلول، کجاست؟
- ۳- ساختار و عمل هسته را توضیح دهید.



شکل ۱۷-۲ بخشی از شبکه آندوپلاسمی زیر

۱- پلی پتید ساخته و به درون شبکه آندوپلاسمی وارد می شود.

۲- زنجیره های کوچکی از مولکول های قند به پلی پتید اضافه می شود. بدین ترتیب یک مولکول گلیکوپروتئین حاصل و مولکول برای ارسال به خارج از شبکه آندوپلاسمی، آماده می شود.

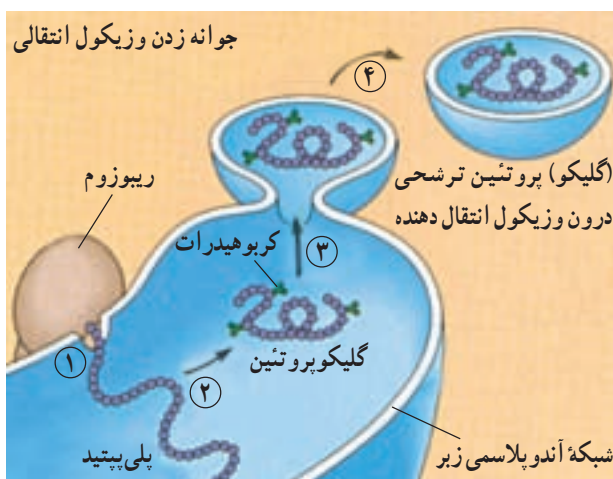
۳- شبکه آندوپلاسمی گلیکوپروتئین را در کیسه های ریزی به نام وزیکول (کیسه چه) انتقالی بسته بندی می کند.

۴- این وزیکول از غشای شبکه آندوپلاسمی به بیرون جوانه می زند. اکنون پروتئین ترشحی، به دستگاه گلژی منتقل می شود تا بقیه کارهای لازم برای ترشح آن، انجام شود. بعد از آماده شدن پروتئین برای ترشح، وزیکول انتقالی به سوی غشای

شبکه آندوپلاسمی. تقسیم کردن فضای درون سلول به قسمت های مختلف، کار اصلی دستگاه غشایی درونی است.

شبکه آندوپلاسمی زیر: شبکه آندوپلاسمی زیر را از آن جهت زیر می خوانند که در ریزنگارهای میکروسکوپ الکترونی، روی آن دانه هایی دیده می شود (شکل ۱۷-۲). این دانه ها، ریبوزوم ها هستند. شبکه آندوپلاسمی زیر، از کیسه های پهنی ساخته شده است که به یکدیگر متصل اند. این شبکه دو کار مهم برعهده دارد: اول، غشاسازی. بعضی از پروتئین هایی که به وسیله ریبوزوم ها ساخته می شوند و نیز فسفولیپیدهایی که توسط آنزیم های شبکه آندوپلاسمی ساخته می شوند، درون غشای شبکه آندوپلاسمی جای می گیرند. در نتیجه، غشای شبکه آندوپلاسمی وسیع تر می شود، تا این که قسمتی از آن به دیگر اندامک ها فرستاده می شود.

دومین کار مهمی که شبکه آندوپلاسمی زیر انجام می دهد، ساخت پروتئین هایی است که قرار است به خارج از سلول ترشح شوند. از این پروتئین های ترشحی می توان پادتن ها را مثال زد. پادتن ها، مولکول های دفاعی بدن هستند که توسط گلبول های سفید خون ساخته و ترشح می شوند. هر مولکول پادتن از چند رشته پلی پتید ساخته شده است. ریبوزوم های شبکه آندوپلاسمی زیر، پلی پتیدهای مولکول های پادتن را می سازند. این پلی پتیدها درون شبکه آندوپلاسمی کنار هم قرار می گیرند و به این ترتیب، پادتن کامل و فعال حاصل می شود. در شکل ۱۸-۲ ساخته شدن و بسته بندی پروتئینی ترشحی که فقط از یک رشته پلی پتیدی ساخته شده است، مشاهده می شود:



شکل ۱۸-۲ ساخته شدن و بسته بندی یک پروتئین ترشحی در شبکه آندوپلاسمی زیر

ماهیچه‌ای یون کلسیم برای انقباض ماهیچه‌ها لازم است. وقتی پیام عصبی به سلول ماهیچه‌ای می‌رسد یون کلسیم از شبکه‌ آندوپلاسمی صاف نشت می‌کند، به درون سیتوپلاسم وارد و موجب انقباض سلول می‌شود.

**جسم گلژی**، به پاس پژوهش‌های کامیلو گلژی، زیست‌شناس و پزشک ایتالیایی، به این اسم نام‌گذاری شد. گلژی با استفاده از میکروسکوپ نوری و نیز روش‌های رنگ‌آمیزی سلول، موفق به کشف این اندامک شد. مشاهده‌ی جسم گلژی با میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که این اندامک از کیسه‌های پهنی که روی هم قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است (شکل ۲۰-۲). جنس این کیسه‌ها از غشاست. همان‌گونه که در شکل می‌بینید، این کیسه‌ها، برخلاف کیسه‌های شبکه‌ آندوپلاسمی، به‌طور فیزیکی به هم پیوسته نیستند. تعداد اجسام گلژی در هر سلول از چند عدد تا چند صد عدد است. این تعداد، به میزان فعالیت سلول در ترشح پروتئین‌ها و مواد ترشحی دیگر بستگی دارد.

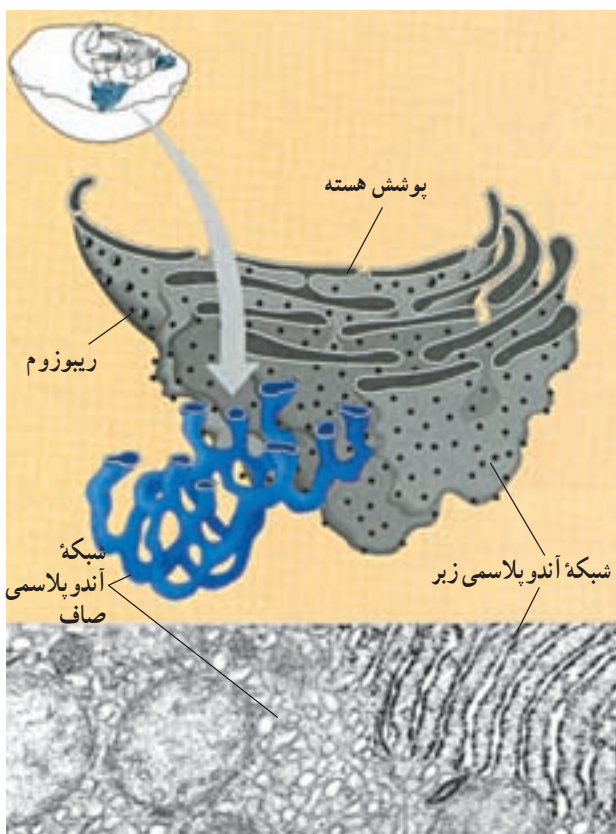
جسم گلژی با همکاری شبکه‌ آندوپلاسمی کارهای متعددی انجام می‌دهد. مولکول‌هایی که توسط شبکه‌ آندوپلاسمی تولید می‌شوند، به وسیله‌ وزیکول‌های انتقالی به دستگاه گلژی می‌رسند. در دستگاه گلژی، این مولکول‌ها دستخوش تغییرات شیمیایی می‌شوند و در نتیجه‌ این تغییرات، مولکول‌ها نشانه‌گذاری می‌شوند و برحسب نشانه‌ای که دارند، به نقاط مختلف سلول فرستاده می‌شوند.

**لیزوزوم**، جزء دیگر دستگاه غشایی درونی، است. شبکه‌ آندوپلاسمی زیر و دستگاه گلژی لیزوزوم‌ها را تولید می‌کنند. لیزوزوم کیسه‌ای است غشایی (غشادار) که دارای آنزیم‌های تجزیه‌کننده است (شکل ۲۱-۲). به یاد بیاوریم که تقسیم کردن فضای درون سلول به قسمت‌های مختلف، کار اصلی دستگاه غشایی درونی است. غشای لیزوزوم، در واقع پیرامون قسمتی را فرا گرفته است که آنزیم‌های گوارشی در آن‌جا ذخیره می‌شوند. بدین ترتیب دیگر قسمت‌های سیتوپلاسم از گزند آنزیم‌های گوارشی در امان می‌مانند. بدون لیزوزوم، هیچ سلولی نمی‌تواند آنزیم‌های گوارشی را درون خود داشته باشد.

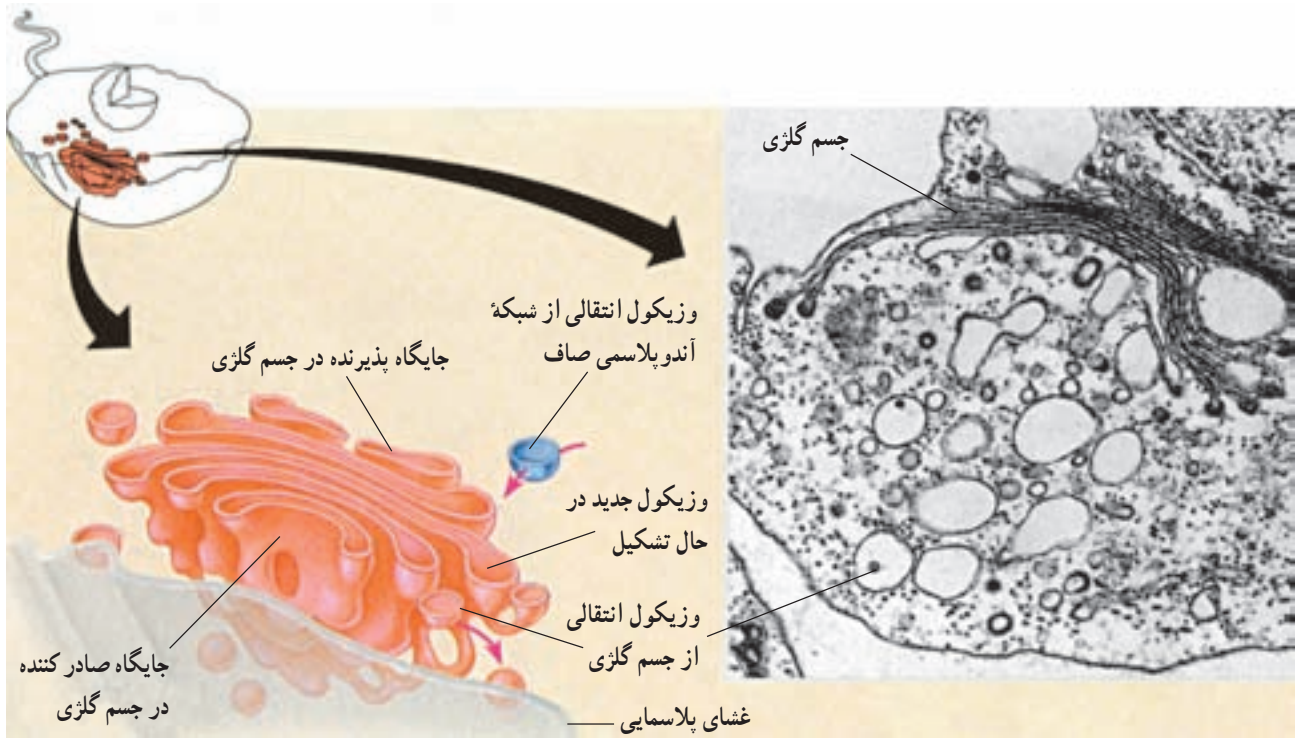
لیزوزوم چند کار گوارشی متفاوت انجام می‌دهد. بسیاری از سلول‌ها، مواد غذایی را می‌بلعند، یعنی آن را از راه کیسه‌های

پلاسمایی می‌رود تا محتویات خود را به خارج از سلول ترشح کند. شبکه‌ آندوپلاسمی صاف: شبکه‌ به هم پیوسته‌ای از لوله‌ها و کیسه‌های غشادار و بدون ریبوزوم است (شکل ۱۹-۲) که درون غشای آن، آنزیم‌های متعددی جای گرفته است. این آنزیم‌ها کارهای اصلی این شبکه را انجام می‌دهند. یکی از مهم‌ترین کارهای شبکه‌ آندوپلاسمی صاف، ساخت موادی مانند اسیدهای چرب، فسفولیپیدها و استروئیدهاست. هر یک از این فرآورده‌ها توسط نوع خاصی سلول تولید می‌شود.

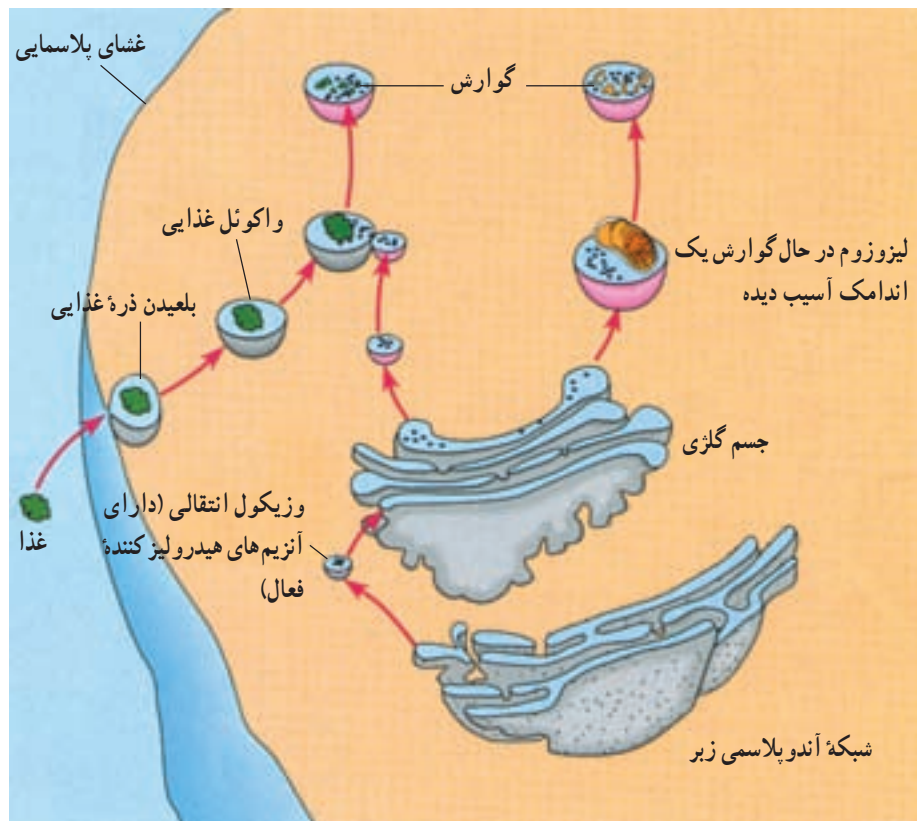
در سلول‌های جگر ما شبکه‌های آندوپلاسمی صاف گسترده‌ای وجود دارد که کارهای دیگری نیز انجام می‌دهند. در این شبکه‌ آندوپلاسمی، آنزیم‌های خاصی وجود دارد که به تنظیم مقدار قندی که از سلول‌های جگر به جریان خون آزاد می‌شود، کمک می‌کند. همچنین آنزیم‌های دیگری وجود دارد که داروها و نیز مواد شیمیایی مضر را تجزیه می‌کنند. این کار سلول‌های جگر را سم‌زدایی می‌نامند. یکی دیگر از کارهای شبکه‌ آندوپلاسمی صاف، ذخیره‌ی یون کلسیم است. در بافت



شکل ۱۹-۲- شبکه‌ آندوپلاسمی صاف



شکل ۲۰-۲- جسم گلزی



شکل ۲۱-۲- خاستگاه و کار لیزوزوم ها

ممکن است رنگیزه‌هایی داشته باشند که سبب جذب حشرات به هنگام گرده افشانی می‌شوند. در بعضی از گیاهان واکوئل‌ها حاوی مواد سمی هستند و به این ترتیب گیاه در برابر جانوران گیاهخوار و بعضی از آفات گیاهی از خود دفاع می‌کند.

شکل ۲۲-۲. ب، نوع بسیار متفاوتی از واکوئل را در یک تک سلولی به نام پارامسی نشان می‌دهد. در این شکل، دو واکوئل ضربان‌دار دیده می‌شود که آب اضافی را از سلول جمع می‌کنند و آن را به بیرون می‌رانند. چنین فعالیتی برای آغازیانی که در آب شیرین زندگی می‌کنند، بسیار ضروری است. چون آب دائماً وارد آنها می‌شود، اگر راهی برای دفع آب اضافی وجود نداشته باشد، سلول آن قدر حجیم می‌شود که سرانجام می‌ترکد. در واقع واکوئل‌های ضربان‌دار برای حفظ محیط درونی سلول، حیاتی هستند.

نحوه ارتباط اندامک‌های دستگاه غشایی درونی:

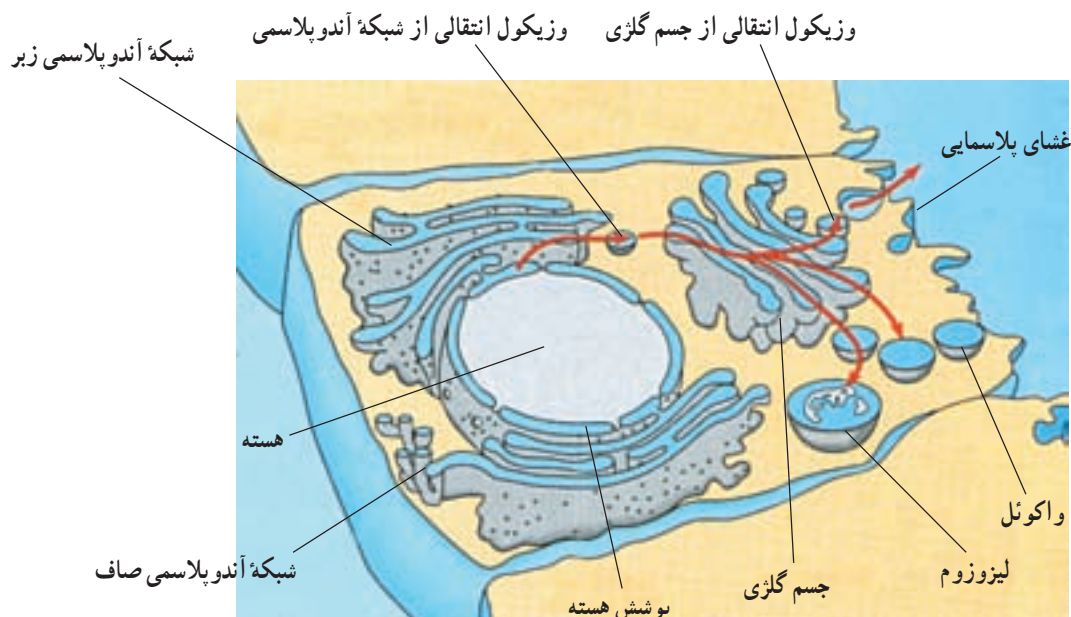
در شکل ۲۳-۲ خلاصه‌ای از نحوه ارتباط اندامک‌های مختلف دستگاه غشایی درونی نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، پیوستگی‌های ساختاری مستقیمی بین پوشش هسته، شبکه آندوپلاسمی زبر و شبکه آندوپلاسمی صاف برقرار است. پیکان‌ها پیوستگی‌های کاری را در دستگاه غشایی درونی نشان می‌دهند. مثلاً وزیکول انتقالی در شبکه آندوپلاسمی ساخته می‌شود، بعد به جسم گلژی وارد می‌شود و سرانجام به لیزوزوم یا واکوئل تبدیل می‌شود. چه مطالب دیگری از این شکل قابل استنتاج‌اند؟

سیتوپلاسمی ریزی به نام واکوئل‌های غذایی به سیتوپلاسم وارد می‌کنند. لیزوزوم‌ها با پیوستن به واکوئل‌های غذایی، آنزیم‌های گوارشی را به درون واکوئل تخلیه و محتوای درون واکوئل را تجزیه می‌کنند. مولکول‌های کوچک حاصل از این گوارش، مثل آمینواسیدها، واکوئل را ترک می‌کنند و به مصرف سلول می‌رسند. یکی دیگر از کارهای لیزوزوم، بلع و گوارش اندامک‌های آسیب دیده یا پیر سلول است. از اجزای حاصل از تجزیه اندامک‌های آسیب‌دیده یا پیر، اندامک‌های جدیدی بازسازی می‌شود. لیزوزوم‌ها در نمو جنینی نیز نقشی حیاتی دارند. مثلاً آنزیم‌های لیزوزومی، بافت‌هایی را که در زمان جنینی بین انگشتان دست و پا قرار دارد، نابود و انگشتان را از یکدیگر جدا می‌کنند.

واکوئل‌ها، نیز همانند لیزوزوم‌ها کیسه‌هایی از جنس غشا هستند که به دستگاه غشایی درونی تعلق دارند. واکوئل‌ها، شکل و اندازه‌های متفاوتی دارند و کارهای مختلفی نیز انجام می‌دهند. پیش از این دیدیم که واکوئل‌های گوارشی و لیزوزوم‌ها با یکدیگر همکاری دارند. در شکل ۲۲-۲ الف، یک واکوئل مرکزی را درون یک سلول گیاهی بالغ می‌بینیم. این واکوئل را می‌توان به عنوان یک لیزوزوم بزرگ در نظر گرفت. واکوئل مرکزی، با جذب آب به بزرگ شدن سلول گیاهی کمک می‌کند. همچنین، مواد شیمیایی حیاتی یا فرآورده‌های دفعی حاصل از متابولیسم سلول را ذخیره می‌کند. واکوئل‌های مرکزی در گلبرگ گیاهان



شکل ۲۲-۲. الف. یک واکوئل مرکزی در یک سلول گیاهی. ب. واکوئل ضربان‌دار در پارامسی



شکل ۲۳-۲. ارتباط بخش‌های مختلف دستگاه غشایی درونی

## خودآزمایی ۲-۴

- ۱- دستگاه غشایی درونی از چه اندامک‌هایی تشکیل شده است؟
- ۲- شبکه آندوپلاسمی بر چند نوع است؟ نام ببرید.
- ۳- شبکه آندوپلاسمی زبر، چه وظایفی را بر عهده دارد؟
- ۴- سم‌زدایی بر عهده کدام یک از اندامک‌های سلول است؟
- ۵- جسم گلزی چیست و چه کارهایی را بر عهده دارد؟
- ۶- منشأ لیزوزوم کجاست؟
- ۷- کارهای لیزوزوم را نام ببرید.
- ۸- انواع واکوتل را نام ببرید و کار هر یک را بیان کنید.
- ۹- نحوه ارتباط اندامک‌های مختلف دستگاه غشایی درونی را توضیح دهید.

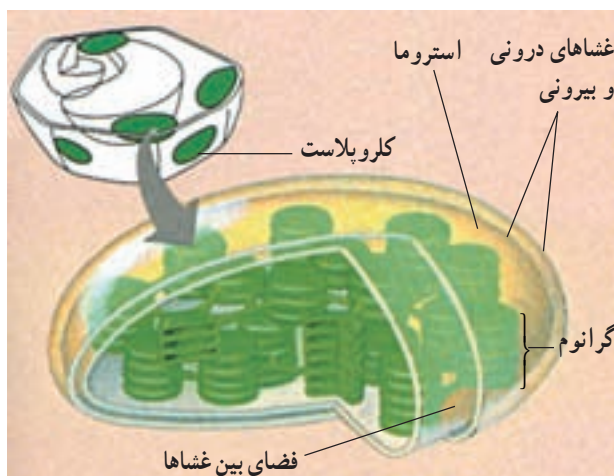
کلروپلاست، انجام فتوسنتز را بر عهده دارد و در گیاهان

ساخته شده است. غشاها، فضای درون کلروپلاست را به سه قسمت تقسیم و ساختار کلروپلاست را با کاری که انجام می‌دهد، متناسب کرده‌اند. در شکل ۲۴-۲ این قسمت‌ها را می‌بینید. یک قسمت، فضای باریکی است که بین غشای خارجی و درونی کلروپلاست وجود دارد. قسمت دوم، فضایی است که توسط غشای درونی محصور شده است. این قسمت، توسط ماده سیالی به نام بستره پر شده است و در آن شبکه‌ای از لوله‌ها و قرص‌های غشادار توخالی، وجود دارد. فضای درون این لوله‌ها و قرص‌های

و بعضی از آغازیان، مانند جلبک‌ها یافت می‌شود. فتوسنتز، فرآیندی است که طی آن انرژی نوری خورشیدی جذب و به انرژی شیمیایی نهفته در مولکول‌های قند، تبدیل می‌شود. بخشی از این قندها برای تهیه مواد غذایی دیگر به کار می‌روند. دنیای زنده، تا حد زیادی مرهون انرژی‌ای است که فتوسنتز ذخیره می‌کند. با نگاهی به ساختار درونی کلروپلاست با میکروسکوپ الکترونی، نیروگاهی خورشیدی را خواهیم دید که بسیار موفق‌تر از هر آن چیزی عمل می‌کند که تاکنون توسط قدرت ابتکار و نبوغ آدمی

را در تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی ایفا می‌کند. علاوه بر کلروپلاست‌ها، در سلول‌های گیاهان ممکن است انواع دیگری از پلاست‌ها دیده شوند که در آنها مواد متفاوتی، مثل نشاسته، ذرات رنگی، پروتئین‌ها و لیپیدها ذخیره می‌شوند. میتوکندری: میتوکندری، اندامکی است که انرژی شیمیایی را از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌کند. این اندامک، انجام تنفس سلولی را بر عهده دارد. تنفس سلولی، فرآیندی است که طی آن، انرژی شیمیایی غذاها مانند قندها، به انرژی شیمیایی مولکول سوختی سلول، یعنی ATP (آدنوزین تری فسفات) تبدیل می‌شود. ساختار میتوکندری همانند دیگر اندامک‌ها، با کاری که

انجام می‌دهد، متناسب است (شکل ۲۶-۲). میتوکندری، همانند کلروپلاست، دارای دو غشاست، اما فضای درون آن فقط از دو قسمت تشکیل شده است: یک قسمت، فضای بین دو غشاست و قسمت دیگر، فضایی است که توسط غشای درونی محصور شده و با ماده‌ای سیال به نام ماتریکس پر شده است. بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مربوط به تنفس سلولی، درون ماتریکس رخ



شکل ۲۴-۲- کلروپلاست و اجزای آن

غشایی، سومین قسمت از فضاهای درون کلروپلاست است. توجه داشته باشید که این قرص‌ها به صورت دسته‌های چندتایی روی یکدیگر قرار می‌گیرند. هر دسته را یک گرانوم می‌نامیم. گرانوم‌ها مکان‌هایی هستند که در آن‌جا انرژی خورشیدی به دام می‌افتد. خواهیم دید که هر قسمت از کلروپلاست نقش ویژه‌ای

## فعالیت ۲-۴

### مشاهده سلول‌های گیاهی



- ۱- یک پیاز را به دو بخش تقسیم کنید.
- ۲- یکی از فلس‌های ضخیم را از داخل پیاز جدا کنید.
- ۳- با کمک انبرک، یکی از لایه‌های نازک را از سطح داخل فلس پیاز جدا کنید.
- ۴- با کمک قیچی یک قطعه کوچک از آن، به ابعاد ۵mm<sup>۲</sup> تهیه کنید.
- ۵- قطعه کوچک از این لایه نازک را روی تیغه بگذارید و یک قطره محلول یددار رقیق روی آن بریزید. به‌طوری‌که محلول ید، سراسر نمونه را فرا بگیرد.
- ۶- یک تیغک روی نمونه بگذارید.



شکل ۲۵-۲

- ۷- تیغه را زیر میکروسکوپ ابتدا با بزرگ‌نمایی کم و سپس با بزرگ‌نمایی بالا، بررسی کنید. یک سطح از نمونه را که

- سلول‌های آن مشخص‌تر هستند، انتخاب و سپس ساختار آن سلول‌ها را با دقت مشاهده کنید.
- ۸- شکل یکی از سلول‌های پیاز را بکشید و بخش‌های مختلف آن را نام‌گذاری کنید؛ اگرچه پیاز بخشی از گیاه محسوب می‌شود و فلس‌های آن نوعی برگ هستند، ولی در سلول‌های آن هیچ کلروپلاستی پیدا نمی‌کنید. چرا؟
  - ۹- خزّه‌ای را تهیه کنید و یکی از برگ‌های کوچک آن را به کمک قیچی جدا کنید.
  - ۱۰- برگ خزّه را با یک قطره آب، روی تیغه بگذارید و روی آن را با تیغک بپوشانید.
  - ۱۱- نمونه را با درشت‌نمایی کم، بررسی کنید. چه ساختارهایی می‌بینید که در سلول‌های پیاز نبودند؟ دلیل وجود آنها را در سلول‌های خزّه توضیح دهید.
  - ۱۲- یکی از مناسب‌ترین سلول‌ها را انتخاب کنید و آن را با بزرگ‌نمایی بالا ببینید.
  - ۱۳- شکلی از سلول‌های خزّه بکشید و جزئیات ساختاری آن را نام‌گذاری کنید.
  - ۱۴- چرا دیدن هسته در سلول‌های خزّه مشکل، یا غیرممکن است؟
  - ۱۵- برای دیدن هسته چه اقدامی می‌توان انجام داد؟

می‌دهند. غشای درونی، بسیار چین‌خورده است و آنزیم‌هایی که ساختن ATP را بر عهده دارند، درون این غشا و نیز بر سطح آن جای گرفته‌اند. هر چین خوردگی، یک تیغه به نام کریستا را به وجود می‌آورد. کریستاهای موجب افزایش سطح غشای درونی می‌شوند. افزایش سطح غشای درونی میتوکندری به نوبه خود باعث بالا رفتن توانایی میتوکندری در تولید ATP می‌شود.

## خودآزمایی ۲-۵

- ۱- فضای درونی کلروپلاست و میتوکندری به چند قسمت تقسیم شده است؟
- ۲- انرژی خورشید در کدام قسمت کلروپلاست به دام می‌افتد؟
- ۳- وظیفه میتوکندری چیست؟
- ۴- منظور از «تنفس سلولی» چیست؟
- ۵- ساختمان میتوکندری و کلروپلاست را با یکدیگر مقایسه کنید.

## فعالیت ۲-۵



- ۱- کلروپلاست و میتوکندری چه عمل مشترکی انجام می‌دهند؟ تفاوت کار آنها در چیست؟
- ۲- غشاهای درونی سلول‌های یوکاریوتی چه فایده‌هایی برای آنها دارند؟
- ۳- قطر نوعی سلول  $20\mu\text{m}$  است. برای ساختن خطی فرضی با ضخامت یک سلول و به طول  $1\text{cm}$  چند عدد از این سلول‌ها لازم است؟
- ۴- دانش‌آموزی چند ریزنگار الکترونی که از یک مرکز تهیه عکس با کمک میکروسکوپ الکترونی، گرفته بود، به کلاس آورد تا به سایر دانش‌آموزان و معلم نشان دهد. این ریزنگارها عبارت بودند از: یک ریزنگار الکترونی از سلول‌های موش، دو ریزنگار الکترونی از سلول‌های برگ لوبیا و دو ریزنگار الکترونی از یک باکتری. متأسفانه او فراموش کرده بود نام تصاویر را یادداشت کند و نمی‌دانست کدام تصویر مربوط به کدام جاندار است. این عکس‌ها از بخشی از سلول تهیه شده بود و در آنها فقط چند جزء سلول قابل تشخیص بود. آیا شما می‌توانید با توجه به شرح این ریزنگارها، تشخیص دهید کدام عکس مربوط به کدام جاندار است؟

عکس الف - کلروپلاست، چند ریبوزوم، هسته

عکس ب - دیواره سلولی، غشای پلاسمایی

عکس ج - میتو کندری، دیواره سلولی و غشای پلاسمایی

عکس د - غشای پلاسمایی، چند ریبوزوم

عکس ه - هسته، شبکه آندوپلاسمی زیر

۵- فرض کنید سلولی کاملاً کروی شکل است و شعاعی به طول  $10\mu\text{m}$  دارد. سطح این سلول چند میکرومتر مربع وسعت

دارد؟ حجم آن را نیز محاسبه کنید. نسبت سطح این سلول به حجم آن چقدر است؟

اکنون فرض کنید سلولی کروی شکل دیگری شعاعی به طول  $20\mu\text{m}$  دارد. سطح، حجم و نسبت سطح به حجم این سلول

چقدر است؟ نسبت های سطح به حجم این دو سلول را با یکدیگر مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه ای می گیرید؟

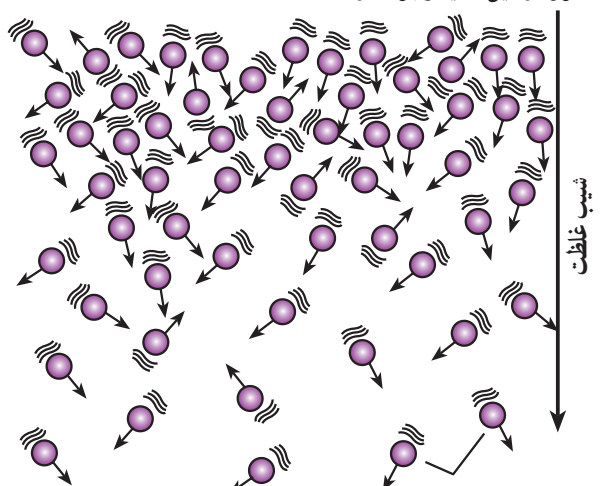
(یادآوری:  $r$  = شعاع کره،  $4\pi r^2$  = مساحت کره و  $\frac{4}{3}\pi r^3$  = حجم کره و  $\pi = 3.14$ ).

از شکل می توانید استنباط کنید که مولکول ها به طور اتفاقی و در تمام جهات حرکت می کنند؛ به طوری که در مجموع، پس از مدتی حرکت مولکول ها موجب یکسان شدن غلظت در محیط این ماده بین دو ناحیه می شود. بنابراین شیب انتشار، یعنی حرکت مولکول ها، بیش تر در جهت یک نواحی غلظت در محیط است. به عبارت دیگر شیب انتشار از تراکم بیش تر به سمت تراکم کم تر است.

حرکت خالص مولکول ها را در انتشار می توان از طریق تفریق تعداد مولکول هایی که به سمت غلظت بیش تر می روند از

مولکول ها از محل بُر تراکم به محل کم تراکم می روند.

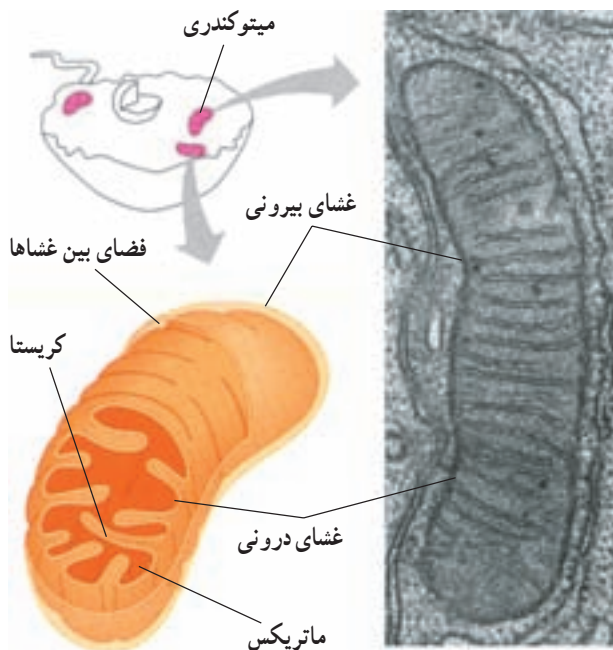
\* ناحیه الف:  $100,000$  مولکول  
محلول در این ناحیه وجود دارد.



\* ناحیه ب:  $10,000$  مولکول محلول  
در این ناحیه وجود دارد.

مولکول های محلول در حال جنبش

شکل ۲۷-۲ انتشار مولکول ها در جهت شیب انتشار



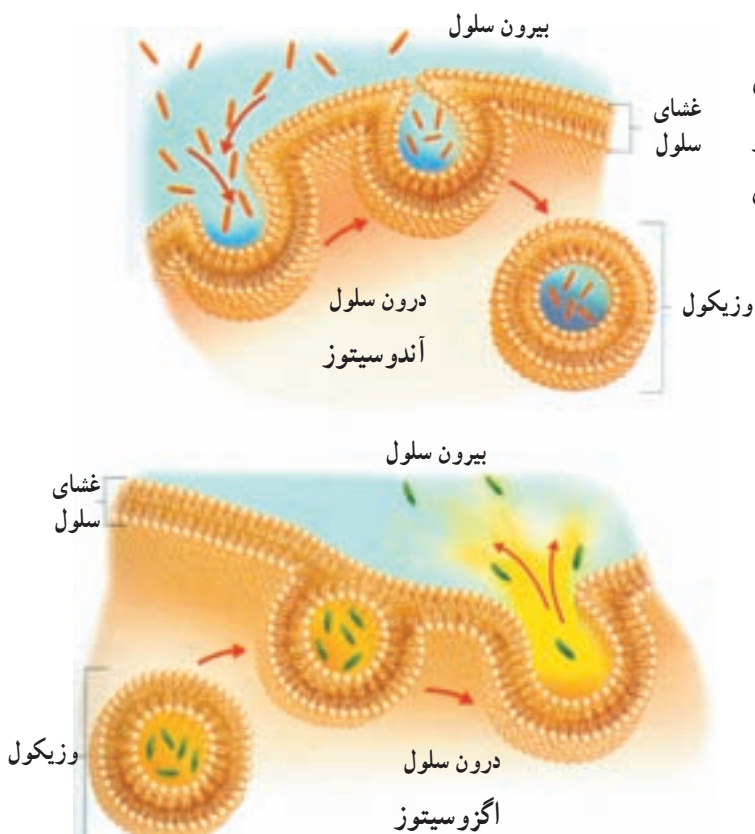
شکل ۲۶-۲ میتو کندری و بخش های آن

چگونه مواد به سلول وارد، یا از آن خارج می شوند بسیاری از مواد از طریق انتشار به سلول وارد و یا از آن خارج می شوند. انتشار، یعنی حرکت ماده از جایی که تراکم آن بیش تر است به سوی محلی که تراکم همان ماده کم تر است. به عبارت دیگر، اختلاف غلظت (شیب غلظت) بین دو نقطه، باعث انتشار می شود.

به شکل ۲۷-۲ دقت کنید. همان طور که می بینید مولکول ها در این محیط به طور یکسان پخش نشده اند و بین دو ناحیه بالایی و پایینی، اختلاف غلظت وجود دارد. این اختلاف غلظت موجب پدیدار شدن شیب غلظت و یا شیب انتشار بین دو ناحیه می شود.

پدیده انتشار مولکول‌ها در جهت شیب غلظت، از سلول خارج شوند؛ اما سلول با مصرف ATP و توسط ناقل‌های پروتئینی این مولکول‌ها را در جهت خلاف شیب غلظت، به درون سلول وارد می‌کند. به این نوع انتقال، انتقال فعال گفته می‌شود؛ بنابراین انتقال فعال، حرکت مواد از جای کم تراکم به سوی جای پرتراکم و برخلاف شیب غلظت است. ریشه‌های گیاهان بعضی مواد را به این طریق از خاک جذب می‌کنند.

فقط ذرات بسیار کوچک، مانند یون‌ها و مولکول‌های کوچک، می‌توانند به وسیله انتشار و انتقال فعال به سلول‌ها وارد، یا از آنها خارج شوند. بعضی سلول‌ها می‌توانند ذرات بزرگ‌تر را به وسیله فرآیندی که آندوسیتوز نامیده می‌شود، جذب کنند. آندوسیتوز واژه‌ای یونانی و به معنای «ورود به سلول» است. موجودات تک‌سلولی، مانند آمیب، به این روش تغذیه می‌کنند. آگزوسیتوز بر عکس آندوسیتوز است. این دو فرآیند به انرژی زیستی نیاز دارند (شکل ۲-۲۹).



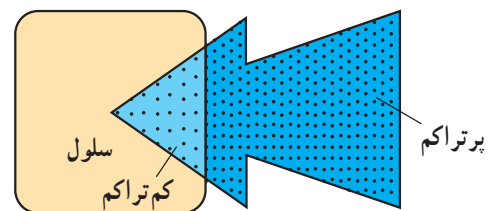
شکل ۲-۲۹ — آندوسیتوز (بالا) و آگزوسیتوز (پایین)

مولکول‌هایی که از این ناحیه دور می‌شوند و به سمت غلظت کم‌تر می‌روند، محاسبه کرد. مثلاً اگر ۵۰ مولکول به سمت جای غلیظ‌تر بروند اما ۳۰۰ مولکول از آن جا دور شوند، نتیجه آن حرکت ۲۵۰ مولکول از جای دارای تراکم بیش‌تر به سوی جایی است که تراکم کم‌تر دارد.

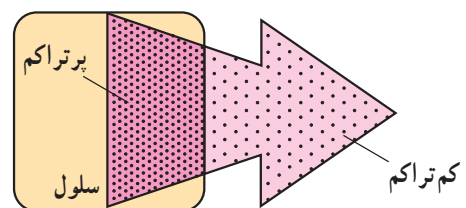
نتیجه نهایی انتشار یک ماده، یکسان شدن غلظت آن در همه نقاطی است که آن ماده قرار دارد. اکسیژن از طریق انتشار وارد سلول می‌شود و دی‌اکسید کربن از همین طریق از سلول خارج می‌شود (شکل ۲-۲۸). بعضی مواد به راحتی نمی‌توانند از غشای فسفولیپیدی سلول عبور کنند. این مواد به کمک کانال‌های پروتئینی (شکل ۲-۱۴) از عرض غشا می‌گذرند. در این پدیده نیز جهت حرکت مواد از جای پرتراکم به جای کم‌تراکم است (انتشار) و چون عبور مواد از عرض غشا، با کمک کانال‌ها انجام می‌گیرد، به این نوع انتشار، انتشار تسهیل شده گفته می‌شود.

انتشار یک فرآیند کاملاً فیزیکی است و از انرژی زیستی استفاده نمی‌کند. افزایش گرمای محیط باعث افزایش سرعت انتشار می‌شود. چرا؟

بعضی از مواد برخلاف شیب غلظت، از عرض غشای سلول عبور می‌کنند. وقتی غلظت یک مولکول داخل سلول بیش‌تر از غلظت آن در بیرون سلول باشد، این انتظار هست که براساس



الف — اکسیژن به درون سلول انتشار می‌یابد.



ب — دی‌اکسید کربن به بیرون از سلول انتشار می‌یابد.

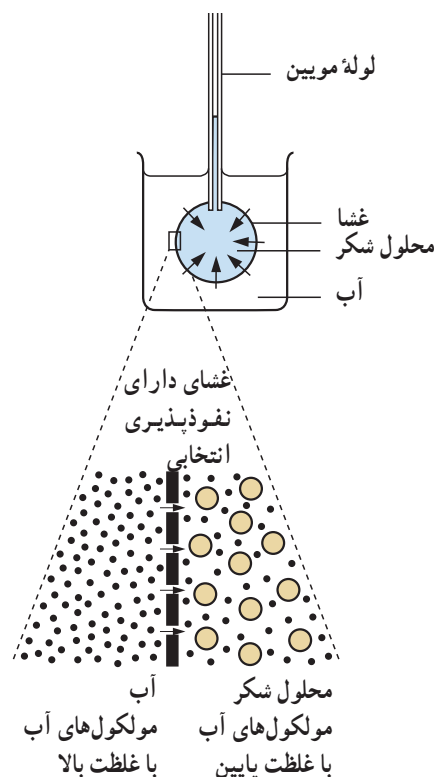
شکل ۲-۲۸ — انتشار

## اسمز

آب از طریق نوع خاصی از انتشار که اُسمز نامیده می‌شود، به سلول وارد و یا از آن خارج می‌شود.

کیسه‌ای که در شکل ۳-۲ می‌بینید، از غشای نازکی که خاصیت نفوذپذیری انتخابی دارد (مثلاً کاغذ سلوفان) ساخته شده است. این کیسه از محلول شکر پر شده است. انتهای باز کیسه به دور انتهای یک لوله موئین بسته شده است. کیسه در ظرف آب قرار دارد.

بعد از زمان کوتاهی، آب از ظرف به کیسه وارد می‌شود. در نتیجه محلول شکر در لوله موئین، بالا می‌رود فشاری که مایع درون لوله به مایع موجود در کیسه وارد می‌کند فشار اسمزی نام دارد. برای فهمیدن این که چرا این مسأله رخ می‌دهد، به شکل ۳-۲ نگاه کنید. مولکول‌های شکر از مولکول‌های آب بزرگ‌تر هستند. غشایی که کیسه از آن ساخته شده است، سوراخ‌های ریزی دارد. این سوراخ‌ها به اندازه‌ای هستند که فقط مولکول‌های آب از میان آنها عبور می‌کنند و به مولکول‌های شکر اجازه عبور نمی‌دهند. ما این نوع غشا را غشای دارای نفوذپذیری انتخابی می‌نامیم. انتشار آب از عرض یک غشای دارای نفوذپذیری



شکل ۳-۲- اسمز راه انتشار آب از غشای دارای تراوایی نسبی است.

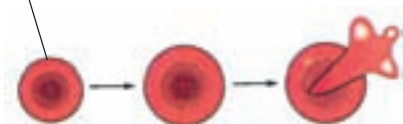
انتخابی، اُسمز نامیده می‌شود. اسمز جایی روی می‌دهد که دو محلول با غلظت متفاوت آب، به وسیله یک غشای دارای نفوذپذیری انتخابی از یکدیگر جدا می‌شوند.

**اسمز در سلول‌های انسانی:** سلول‌های انسانی محتوی محلولی از نمک‌ها و مواد دیگرند که در آب حل شده‌اند و غشای سلول که نفوذپذیری انتخابی دارد، آنها را محصور می‌کند. فرض کنید یک گلبول قرمز خون را در آب خالص فرو برده‌اید. چه اتفاقی می‌افتد؟ آب از طریق اسمز وارد سلول می‌شود. سلول متورم می‌شود و سرانجام می‌ترکد (شکل ۳۱-۲). سلول به این دلیل می‌ترکد که غشای سطحی آن به قدری نازک و ظریف است که نمی‌تواند در مقابل فشار داخل سلول مقاومت کند. بدیهی است که در درون بدن ما سلول‌ها نباید در خطر ترکیدن قرار داشته باشند. چه چیزی از این رویداد جلوگیری می‌کند؟ خون و مایعات دیگر بدن ما غلظتی مشابه غلظت درون سلول‌ها دارند، در نتیجه آب نمی‌تواند بیش از حد به طریق اسمز وارد شود.

**اسمز در سلول‌های گیاهی:** سلول‌های گیاهی نیز، مثل سلول‌های جانوری غشای پلاسمایی دارند؛ اما در خارج از این غشا دیواره‌ای سلولی از جنس سلولز قرار دارد. در درون یک سلول گیاهی محلولی از نمک‌ها و سایر موادی که در آب حل شده‌اند، وجود دارد. بسیاری از این مواد در واکوئل‌ها قرار دارند. غشای پلاسمایی سلول‌های گیاهی، مثل غشای پلاسمایی سلول‌های جانوری، نفوذپذیری انتخابی دارد؛ اما دیواره سلولی نسبت به آب و موادی که در آن حل شده‌اند، به‌طور کامل تراواست. اگر یک سلول گیاهی را در آب فرو ببریم چه اتفاقی می‌افتد؟

در این صورت آب از بیرون سلول، از میان دیواره سلولی و غشای پلاسمایی به درون واکوئل جریان می‌یابد. در نتیجه سلول باد می‌کند، اما نمی‌ترکد. این پدیده تورژسانس (آماس) نام دارد. علت این است که دیواره سلولی از منبسط شدن سلول به مقدار زیاد جلوگیری می‌کند. دیواره سلولی کشیده می‌شود، اما شکسته

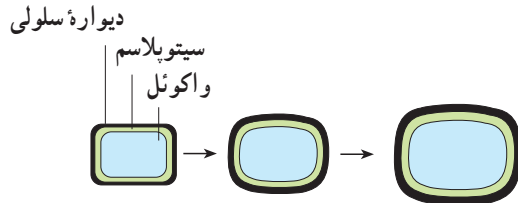
غشای سلول



شکل ۳۱-۲- گلبول قرمز انسان در آب متورم می‌شود و سرانجام می‌ترکد.

(پاره) نمی‌شود (شکل ۳۲-۲). برای آن‌که ساقه‌های خود را راست نگه دارند، به تورژسانس

متکی‌اند. وقتی که چنین گیاهی پژمرده می‌شود، ساقه خم می‌شود.



شکل ۳۲-۲ سلول‌های گیاهی در آب متورم می‌شوند، سپس تورژسانس حاصل می‌کنند، اما نمی‌ترکند.

تورژسانس در گیاهان خشکی بسیار مهم است. تورژسانس سلول‌ها، به گیاه کمک می‌کند تا استوار بمانند، مثلاً، وقتی همه سلول‌های یک برگ به‌طور کامل متورم شده باشند، به یکدیگر فشار وارد می‌کنند و برگ در حالتی گسترده و منبسط قرار می‌گیرد. اگر گیاه آب از دست بدهد، سلول‌ها تورم خود را از دست می‌دهند و برگ‌ها پژمرده می‌شوند. این پدیده پژمرده شدن پلاسمولیز نامیده می‌شود. گیاهان علفی که چوب زیادی ندارند،

## خودآزمایی ۲-۶

- ۱- فرآیند انتشار را تعریف کنید.
- ۲- منظور از انتقال فعال چیست؟
- ۳- سلول، ذرات بزرگ را توسط چه فرآیندی جذب می‌کند؟
- ۴- اسمز چیست؟
- ۵- منظور از غشای دارای نفوذپذیری انتخابی چیست؟
- ۶- تورژسانس چیست و چه موقع رخ می‌دهد؟

## فعالیت ۲-۶



- ۱- برای هر یک از موارد زیر توضیحی ارائه دهید:
  - الف - اگر برگ‌های کاهو پژمرده شوند، می‌توان با قرار دادن آن در آب به مدت کوتاهی دوباره آن را تازه کرد.
  - ب - اگر روی تعدادی میوهٔ توت‌فرنگی شکر بپاشید، عصارهٔ آن به بیرون تراوش می‌کند.
- ۲- ممکن است تصور کنید، وقتی شخصی در آب شنا می‌کند، آب از پوست به طریقهٔ اسمز وارد بدن او می‌شود، اما چنین نمی‌شود. چرا؟
- ۳- اگر یک گلبول قرمز خون و یک سلول گیاهی در محلولی فرو برده شوند که غلظت نمک‌های موجود در آن بیش‌تر از غلظت نمک‌های درون سلول‌ها باشد، چه اتفاقی برای هر کدام می‌افتد؟ چرا؟

## فعالیت ۲-۷



- ۱- اریترومایسین دارویی است که خاصیت آنتی‌بیوتیکی دارد. این دارو از پروتئین‌سازی در سلول‌های باکتری جلوگیری می‌کند، اما بر پروتئین‌سازی سلول‌های بدن ما چنین اثری ندارد. با توجه به اطلاعاتی که از این فصل به دست آورده‌اید، یک فرضیه برای وجود چنین خاصیتی بیان کنید. این آنتی‌بیوتیک چه اثری بر سلول‌های ما دارد؟
- ۲- فکر می‌کنید چرا تعداد میتوکندری‌های بعضی سلول‌های بدن بیش‌تر است؟ این سلول‌ها کدام‌اند؟
- ۳- در سال ۱۹۹۷ انسان توانست با کمک نوعی میکروسکوپ الکترونی بسیار پیشرفته، ذره‌ای به بزرگی ۴ اتم، یعنی یک نانومتر را ببیند. قدرت تفکیک این میکروسکوپ چقدر بوده است؟
- ۴- سلول‌های پروکاریوتی، کوچک‌تر و ساده‌تر از سلول‌های یوکاریوتی هستند. تحقیق کنید آیا توان زنده ماندن و تولید مثل کردن آنها نیز از سلول‌های یوکاریوتی کم‌تر است؟

۵- در شکل‌های زیر بخش‌های تعیین شده را نام‌گذاری کنید.

